

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 796/Pengukuran dan Evaluasi
Pendidikan

LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



**PENGEMBANGAN TES ADAPTIF PADA SISTEM UJIAN
ONLINE UNIVERSITAS TERBUKA**

Tim Peneliti:

Dr. Agus Santoso, M.Si, (NIDN: 0017026402)

Farit Muhammad Affandi, S.Si. M.Si. Ph.D (NIDN: 0007087903)

Unggul Utan Sufandi (NIP: 197109111999031002)

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT
UNIVERSITAS TERBUKA
DESEMBER 2013**

Ringkasan

Sejak tahun 2006 Universitas Terbuka (UT) telah menerapkan sistem Ujian Berbasis Komputer (UBK) pada sistem Ujian Akhir Semester (UAS). UBK bertujuan memberikan alternatif penyelenggaraan tes dan keleluasaan kepada mahasiswa untuk mengikuti tes. Seiring bertambahnya kapasitas *banchwidt* pada jaringan komputer UT dan ketersediaan butir-butir soal pada bank soal di pusat pengujian UT, mulai tahun 2008 sistem UBK disempurnakan menjadi Sistem Ujian Online (SUO). Namun, bentuk tes, komposisi soal, dan ragam soal pada perangkat tes SUO maupun *paper and pencil test* (PPT) pada sistem UAS UT sesungguhnya sama, perbedaannya hanya terletak pada media yang digunakan; PPT menggunakan lembaran kertas, sedangkan SUO menggunakan (*screen*) komputer.

Untuk meng-efisien-kan penyelenggaraan ujian, sebaiknya UT mengembangkan sistem ujian adaptif dalam SUO UT. Dalam tes adaptif, peserta tes akan menerima butir soal yang sesuai dengan kemampuannya. Beberapa penelitian membuktikan bahwa dengan reliabilitas yang sama, tes adaptif hanya memerlukan separoh jumlah butir soal pada tes konvensional dengan PPT. Namun, untuk mengembangkan tes adaptif ada beberapa komponen yang perlu diperhatikan yaitu model item response, bank soal, prosedur pemilihan butir, aturan pemberhentian, keseimbangan isi, dan kontrol butir soal favorit (*item exposure*).

Penelitian ini dirancang selama dua tahun. Pada tahun pertama diharapkan menghasilkan algoritma tes adaptif yang valid dan akurat. Penelitian tahun pertama dilakukan melalui studi simulasi dengan menerapkan beberapa metode atau kriteria pada prosedur pemilihan butir soal, sedangkan tahun kedua mengaplikasikan algoritma tersebut dalam aplikasi SUO UT.

Bank soal untuk keperluan simulasi dibangkitkan berdasarkan model *Item Response Theory* 3 parameter. Sebanyak 900 butir soal dalam bank soal bangkitan dengan spesifikasi parameter butir yang ideal. Empat kriteria pemilihan butir soal disimulasikan dalam rancangan tes adaptif, yaitu Informasi Maksimum, *Efficiency Balanced Information* (EBI) Maksimum, EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode Sympton-Hetter dan EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode Conditional Multinomial. Pemilihan butir soal yang berdasarkan empat kriteria tersebut juga dirancang untuk memenuhi keseimbangan isi. Hal ini agar menjamin bahwa algoritma yang dihasilkan sesuai dengan pembelajaran modular yang diterapkan UT, artinya keterwakilan butir soal setiap modul secara proporsional dan sesuai kisi-kisi terpenuhi.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa algoritma rancangan tes adaptif dengan kriteria EBI menghasilkan performa hasil estimasi kemampuan peserta yang lebih akurat dibandingkan tiga kriteria lainnya. Kelebihan lain dari penerapan kriteria EBI Maksimum adalah kebermanfaatan bank soal lebih optimal karena butir-butir soal dengan tingkat daya beda rendah juga dimunculkan khususnya pada awal tes. Sedangkan kriteria Informasi Maksimum walaupun lebih efisien dari sisi panjang tes tetapi kurang optimal dalam memanfaatkan bank soal.

Penerapan kriteria EBI Maksimum yang dikombinasikan dengan kontrol *item exposure* telah berhasil mengendalikan frekuensi kemunculan setiap butir soal. Namun penerapan metode kontrol *item exposure* pada kriteria EBI Maksimum membutuhkan waktu proses yang lebih lama. Oleh karena itu, kriteria EBI Maksimum tanpa kontrol *item exposure* lebih disarankan untuk diterapkan pada SUO UT.

Kata Kunci: tes adaptif, Informasi, EBI, SUO.

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN HIBAH BERSAING

Judul Penelitian : Pengembangan Tes Adaptif pada Sistem Ujian Online Universitas Terbuka

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 796/Pengukuran dan Evaluasi Pendidikan

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Agus Santoso, M.Si.
b. NIDN : 0017026402
c. Jabatan Fungsional : Lektor
d. Program Studi : Statistika/keahlian Pengukuran Pendidikan
e. Nomor HP : 08159967851
f. Alamat surel (e-mail) : aguss@ut.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Farit Muhammad Affandi, S.Si, M.Si.
b. NIDN : 0007087903
c. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor (IPB)

Anggota Peneliti (2)

d. Nama Lengkap : Unggul Utan Sufandi, S.Kom., M.Kom
e. NIP : 197109111999031002
Perguruan Tinggi : Universitas Terbuka

Lama Penelitian Keseluruhan : 2 (dua) tahun

Penelitian Tahun ke : 1 (satu)

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 89.950.000 (Delapan Puluh Sembilan Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah)

Biaya Tahun Berjalan : - diusulkan ke DIKTI Rp. 43.250.000,-

Tangerang Selatan, 15 Desember 2013

Mengetahui,
Dekan FMIPA-UT

Ketua Peneliti,



Dr. Sri Harijati, M.A
NIP. 196209111988032002

Dr. Agus Santoso, M.Si
NIP. 19640217 199302 1 001


Menyetujui,
Ketua LPPM

Dra. Dewi A. Padmo Putri, M.A, Ph.D.
NIP. 196107241987102001

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Spesifikasi Produk yang Diharapkan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Penyelenggaraan Tes	6
B. Tes Adaptif	7
C. Komponen-komponen Tes Adaptif	8
1. Model IRT	8
2. Bank Soal	11
3. Algoritma Tes Adaptif	13
3.1.Memulai Tes	14
3.2.Proses Melanjutkan	14
3.3.Aturan Pemberhentian	19
BAB III. METODE PENELITIAN	21
A. Tempat dan Waktu Penelitian	21
B. Prosedur Pengembangan Model Tes Adaptif	21
1. Identifikasi Matakuliah	21
2. Membangun Bank Soal	21
3. Simulasi Algoritma Tes Adaptif	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25

A. Deskripsi Bank Soal Bangkitan	25
B. Hasil Simulasi	25
1. Panjang Tes	25
2. Performa Estimasi Tingkat Kemampuan	27
3. B i a s	28
4. <i>Standard Error of Measurement</i>	30
5. Proporsi Penggunaan Butir Soal	32
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
A. Kesimpulan	36
B. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN-LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Ringkasan Statistik Parameter Butir Soal pada Bank Soal Data Bangkitan	25
Tabel 2 Banyaknya Butir Soal yang Diperlukan Berdasarkan Empat Rancangan Algoritma Tes Adaptif	26
Tabel 3 Bias Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan.....	29
Tabel 4 <i>Standard Error of Measurement</i> Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Proses Tes Adaptif	12
Gambar 2 Bagan Alur Pengujian Algoritma Tes Adaptif	13
Gambar 3 Banyak Butir Soal yang Diperlukan	27
Gambar 4 Performa Estimasi Tingkat Kemampuan.....	27
Gambar 5 Bias Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan	30
Gambar 6 SEM Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan	32
Gambar 7 Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Daya Beda ...	33
Gambar 8 Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Tk. Kesukaran	34
Gambar 9 Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Faktor Tebakan	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Jadwal Penelitian	42
Lampiran 2 Rincian Biaya	44
Lampiran 3 Contoh Program SAS	45
Lampiran 4 Personalia Penelitian	56

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas rahmat dan hidayah Nya sehingga penelitian Hibah Bersaing tahun pertama ini dapat diselesaikan. Penelitian Hibah Bersaing ini berjudul: Pengembangan Tes Adaptif pada Sistem Ujian Online Universitas Terbuka.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor, Dekan FMIPA, dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah mengizinkan dan memberik kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Pengujian Universitas Terbuka dan Kepala Pusat Komputer Universitas Terbuka beserta staf yang telah mengizinkan penulis untuk memperoleh informasi/data terkait penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Amalia, dan Ketua Jurusan Statistika FMIPA UT selaku reviewer yang telah memberikan masukan berharga untuk kesempurnaan hasil penelitian ini. Semoga amal baik Bapak dan Ibu mendapatkan balasan amal kebaikan yang berlipat ganda dari Allah Swt.

Akhirnya penulis berharap mudah-mudahan hasil penelitian ini memberi manfaat, kepada dunia pendidikan di Indonesia pada umumnya dan dapat memberikan andil dalam peningkatan kualitas pengujian di Indonesia.

Pondok Cabe, 15 Desember 2013

Penulis,
Agus Santoso

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Universitas Terbuka (UT) telah menerapkan sistem Ujian Berbasis Komputer (UBK) pada sistem Ujian Akhir Semester (UAS), di samping menggunakan *paper and pencil test* (PPT) yang selama ini telah diselenggarakan. UBK mulai dikembangkan UT sejak tahun 2006 dengan memanfaatkan teknologi internet dan sarana komputer di UPBJJ-UT (Unit Program Belajar Jarak Jauh Universitas Terbuka). Tujuan pengembangan UBK antara lain untuk memberikan alternatif penyelenggaraan tes dan memberikan keleluasaan kepada mahasiswa untuk mengikuti tes, Mahasiswa UT yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia bahkan di luar negeri dapat mengikuti UAS dengan sengaja memilih ujian dengan UBK atau ketika ia karena kesibukan atau kesehatannya sehingga tidak dapat mengikuti jadwal UAS maka ia dapat mengikuti UAS melalui sistem ujian alternatif ini.

Seiring dengan bertambahnya kapasitas *banchwidt* pada jaringan komputer di UT dan ketersediaan butir-butir soal pada bank soal di pusat pengujian UT, maka mulai tahun 2008 sistem UBK disempurnakan menjadi Sistem Ujian Online (SUO), dimana pemberian butir soal kepada peserta tes sudah dapat dilakukan secara langsung dari bank soal yang ada di Pusat Pengujian UT. Namun demikian, bentuk tes, komposisi soal, dan ragam soal pada perangkat tes SUO maupun PPT pada penyelenggaraan UAS UT sesungguhnya sama, perbedaannya hanya terletak pada media yang digunakan; pada PPT menggunakan lembaran kertas, sedangkan SUO menggunakan (*screen*) komputer.

Untuk menyempurnakan dan meng-efisiensi-kan penyelenggaraan ujian, maka sebaiknya UT mengembangkan sistem ujian yang bersifat adaptif dalam SUO UT. *Adaptif* berarti bahwa butir soal yang diberikan disesuaikan dengan tingkat kemampuan setiap peserta tes (Lord, 1980). Pelaksanaan tes adaptif berbasiskan komputer. Komputer diatur untuk menyeleksi dan memberikan butir soal, selanjutnya komputer menskor jawaban peserta. Kemudian komputer memilih butir soal baru untuk diberikan lagi kepada peserta. Butir soal yang diberikan adalah butir soal yang memberikan informasi tertinggi atau yang mengurangi kesalahan pengukuran terbesar untuk peserta tes berdasarkan jawaban butir soal sebelumnya, proses ini berlanjut terus sampai aturan pemberhentian telah tercapai. Melalui proses ini umumnya peserta tes akan menerima butir soal yang sesuai dengan kemampuan mereka dan menghindari butir soal yang terlalu sulit atau terlalu mudah untuk mereka sehingga penyelenggaraan ujian dengan tes adaptif ini lebih efisien dibandingkan dengan tes konvensional menggunakan PPT. Efisiensi dan reliabilitas tes adaptif didukung oleh beberapa

penelitian. McBride & Martin (1983) menyimpulkan bahwa untuk mencapai tingkat reliabilitas yang sama, pada tes konvensional masih memerlukan jumlah butir sebanyak 2,57 kali jumlah butir pada tes adaptif. Eignor, et al. (1993) juga menyimpulkan hal yang senada bahwa dengan rancangan tes adaptif hanya memerlukan panjang tes kurang lebih separoh dari panjang perangkat PPT pada tingkat presisi pengukuran yang sama. Weiss (2004) menyimpulkan bahwa tes adaptif juga efisien dan efektif untuk pengukuran di bidang konsultasi dan pendidikan.

Pengembangan tes adaptif memerlukan bank soal yang menjamin bahwa seluruh kemampuan peserta tes dapat diukur melalui butir-butir soal yang ada pada bank soal. Masalahnya adalah bagaimana membangun suatu bank soal untuk keperluan tes adaptif.

Tidak hanya bank soal yang dibutuhkan untuk pengembangan tes adaptif. Menurut Wainer, et al. (1990) pengembangan tes adaptif perlu memperhatikan empat komponen, yaitu: bank soal, prosedur pemilihan butir soal, pengestimasian tingkat kemampuan, dan aturan pemberhentian. Menurut Green, et al. (1984) dan Kingsbury & Zara (1989) pengembangan tes adaptif memerlukan evaluasi pada enam komponen: (1) model respons butir, (2) bank soal, (3) pemilihan butir soal awal, (4) metode pengestimasian kemampuan, (5) prosedur pemilihan butir soal berikutnya, dan (6) aturan pemberhentian. Masalahnya adalah bagaimana mengembangkan algoritma tes adaptif untuk dapat diaplikasikan pada SUO UT karena dari beberapa penelitian membuktikan bahwa keputusan untuk menentukan pilihan kriteria dari setiap komponen tes adaptif memiliki konsekuensi berbeda-beda (Green, et al., 1984; Drasgow & Buchanan, 1999; van der Linden, 2000).

Menurut van der Linden (2000), tes adaptif harus tetap memenuhi kriteria tes standar yaitu disamping tes mesti efisien dan akurat namun juga harus ada keterwakilan butir soal dari setiap kemampuan yang diukur sesuai kisi-kisi tes (*blue-print*).

Pengembangan soal UAS-UT didasarkan pada kisi-kisi soal, dengan sistem belajar modular yang diterapkan UT, maka keterwakilan butir soal dari setiap modul mutlak harus ada sehingga standar kompetensi lulusan dari matakuliah dapat diukur oleh perangkat tes. Dengan demikian, butir soal yang mewakili setiap modul dan merupakan butir soal standar kompetensi dari matakuliah harus dimunculkan juga dalam tes adaptif, atau dengan kata lain disamping kriteria efisiensi dan akurasi, keseimbangan konten (*content balance*) juga tetap diperhatikan dalam pengembangan tes adaptif.

Sampai dengan masa registrasi 2013 semester 1 jumlah mahasiswa UT tercatat kurang lebih 400.000 mahasiswa, mereka tersebar di 37 UPBJJ-UT. Mahasiswa UT diberikan pilihan untuk mengikuti UAS melalui PPT maupun SUO. SUO dilaksanakan hanya di kantor UPBJJ-

UT. Setiap UPBJJ-UT menyediakan sebanyak 20 perangkat komputer yang bisa digunakan untuk UAS dengan SUO dan dalam satu hari pelaksanaan ujian dialokasikan tiga kali sesi ujian dengan SUO dengan diawasi oleh pengawas ujian. Butir soal dari perangkat tes dengan SUO mirip dengan soal PPT, hanya saja pemunculan butir soal untuk setiap peserta tes diset dengan cara pengacakan butir soal dari pusat pengujian secara langsung, pengacakan yang kurang sempurna berakibat sering munculnya beberapa butir soal yang sama untuk peserta tes akibatnya butir soal mudah dikenali dan praktek saling kerja sama atau saling menyontek bisa terjadi. Demikian juga dengan tes adaptif, beberapa metode yang diterapkan pada komponen-komponen tes adaptif berakibat pada seringnya butir soal yang dimunculkan/diberikan kepada peserta tes atau populer disebut dengan *item exposure*. Jika muncul masalah *item exposure* maka walaupun rancangan tes adaptif ini lebih efisien dan reliabel tetapi keamanan tes tidak terjamin.

Beberapa peneliti telah mengembangkan metode pemilihan butir untuk mengontrol *item exposure* pada tes adaptif (Kingsbury & Zahra, 1989; Stocking & Lewis, 1998; Chang & Ying, 1999; Kit & Chang, 2001). Kingsbury & Zara (1989) menganjurkan dengan menerapkan metode randomisasi atau pengacakan pada pemilihan butir soal pada tes adaptif. Santoso (2013) menyimpulkan bahwa dengan metode randomisasi cukup baik untuk mengontrol *item exposure* terutama pada butir soal yang diberikan di awal tes adaptif. Kit & Chang (2001) mengajurkan bahwa untuk mencegah *item exposure* adalah dengan mengaplikasikan kriteria pemilihan butir soal dengan tingkat daya beda rendah di awal tes adaptif, Sedangkan Han (2012) menganjurkan menggunakan kombinasi metode *Efficiency Balanced Information* (EBI) dan salah satu metode kontrol *item exposure*.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu adanya pengembangan atau penyempurnaan sistem ujian pada SUO UT, yaitu penerapan tes adaptif pada SUO UT. Namun demikian sebelumnya perlu dikaji berbagai komponen-komponen tes adaptif yang akan diterapkan sesuai dengan pembelajaran menggunakan sistem modular dan penyelenggaraan UAS UT.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana membangun tes adaptif yang dapat diaplikasikan pada sistem ujian online UT. Secara khusus masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana membangun bank soal untuk keperluan tes adaptif?
2. Bagaimana membangun algoritma tes adaptif yang valid untuk mengukur kemampuan peserta tes?
3. Bagaimana mengaplikasikan tes adaptif pada sistem ujian online UT?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan atau menerapkan sistem tes adaptif pada sistem ujian online UT (SUO UT). Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menemukan bank soal untuk keperluan tes adaptif
2. Menemukan algoritma tes adaptif yang valid untuk mengukur hasil belajar mahasiswa UT.
3. Menemukan cara yang praktis untuk mengaplikasikan tes adaptif pada sistem ujian online UT.

Penelitian pengembangan ini dirancang selama dua tahun, pada tahun pertama, penelitian ini diharapkan sampai menemukan algoritma tes adaptif yang valid, sedangkan tujuan penelitian yang ketiga yaitu mengaplikasikan algoritma yang valid dalam aplikasi sistem ujian online UT akan dicapai pada penelitian tahun kedua.

D. Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Produk yang diharapkan dari penelitian tahun pertama adalah sampai pada tercapainya tujuan penelitian yang kedua yaitu sampai ditemukannya algoritma tes adaptif yang valid untuk mengukur hasil belajar mahasiswa UT, sedangkan tujuan penelitian yang ketiga akan dicapai pada penelitian lanjutan pada tahun kedua.

Produk yang diharapkan dari penelitian ini secara keseluruhan adalah algoritma dan program (*software*) tes adaptif yang baik dan teruji ke-absahan-nya, serta dapat diimplementasikan pada SUO UT. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif bentuk penyelenggaraan UAS UT yang valid, reliabel, dan efisien dalam mengukur kemampuan atau hasil belajar mahasiswa UT.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penyelenggaraan Tes

Penyelenggaraan tes kepada peserta tes dapat dilakukan dengan berbagai cara, mulai dengan cara konvensional, yaitu menggunakan kertas dan pensil (*paper and pencil test*), hingga cara pemanfaatan teknologi, seperti komputer.

Penyelenggaraan tes melalui *paper and pencil testing* (PPT) melibatkan penggunaan lembar kertas. Semua penempuh tes dalam penyelenggaraan tes ini menerima seperangkat butir soal yang sama. Kelemahan PPT adalah kerahasiaan tes tidak dijamin karena dapat saja dibaca oleh orang yang tidak berwenang atau bertanggung jawab (Bunderson, Inouye, & Olsen, 1989). Selain itu, karena harus memberikan semua butir soal, maka diperlukan waktu penyelenggaraan yang lebih lama. Penggunaan kertas menjadi masalah tersendiri, misalnya dibutuhkan ruang untuk penyimpanan data perangkat tes.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan komputer untuk pengujian mulai dilakukan. Awalnya, komputer hanya digunakan untuk mengotomatisasikan aktivitas pengukuran biasa. Tes yang semula berada di kertas dipindahkan ke dalam komputer. Penggunaan komputer seperti ini disebut *Computerized Testing* (CT). Bunderson, Inouye, & Olsen (1989) menjelaskan beberapa kelebihan dari CT, yaitu meningkatkan standarisasi, meningkatkan keamanan tes, meningkatkan kemampuan tampilan, mengurangi kesalahan pengukuran, dan pemberian skor dan interpretasi yang cepat.

Sistem ujian online (SUO) yang dikembangkan UT memanfaatkan teknologi internet dengan didukung bank soal UT yang telah memiliki jumlah butir soal yang cukup besar. SUO dilaksanakan dengan mempertimbangkan sarana komputer dan kesiapan UPBJJ-UT (Unit Program Belajar Jarak Jauh Universitas Terbuka). SUO UT merupakan bentuk *Computerized Testing* (CT), dimana pemanfaatan komputer dilakukan dengan memindahkan butir soal yang ada di dalam form kertas ke dalam komputer, selanjutnya peserta tes mengerjakan soal ujian yang diberikan di depan (*screen*) komputer.

B. Tes Adaptif

Tes adaptif (*Adaptive test*) merupakan generasi kedua dari penggunaan komputer untuk pengujian (Bunderson, Inouye, & Olsen, 1989 : 383). Berbeda dengan CT, pada tes adaptif tidak hanya sekedar memindahkan butir soal ke dalam komputer, tetapi memberikan butir soal yang sesuai dengan kemampuan peserta tes. *Adaptif* memiliki pengertian bahwa butir soal yang diberikan sesuai dengan kemampuan setiap peserta tes, sehingga setiap

individu peserta tes akan mendapat seperangkat butir soal yang berbeda. Dalam tes adaptif, seorang peserta tes diberikan butir soal yang dipilih berdasarkan kemampuannya yang diperkirakan. Karena setiap individu mendapat seperangkat butir soal yang sesuai dengan kemampuannya.

Tes adaptif didasarkan pada pendekatan pengukuran modern yang lebih populer dikenal dengan *item response theory* (IRT). Kelebihan dari pendekatan model IRT yang dimanfaatkan tes adaptif adalah ketika kemampuan awal individu telah diketahui, maka butir-butir soal yang diberikan disesuaikan dengan kemampuan individu tersebut, sehingga individu yang berkemampuan tinggi hanya akan diberi butir-butir soal dengan tingkat kesukaran yang tinggi, sedangkan butir-butir soal yang mudah tidak perlu diberikan, begitu sebaliknya, bagi penempuh tes yang berkemampuan rendah hanya akan diberi butir-butir soal dengan tingkat kesukaran rendah, tidak perlu diberikan butir soal yang sukar. Dengan kata lain, penempuh tes tidak perlu diberi seluruh butir tes, sehingga waktu pengetesan lebih singkat dan dapat mengurangi kecemasan atau frustrasi peserta tes. Selain itu, kesalahan pengukuran (*measurement error*) akan lebih kecil karena setiap individu hanya mendapatkan butir soal yang sesuai dengan kemampuannya (Weiss & Schleisman, 1999).

C. Komponen-Komponen Tes Adaptif

Menurut Wainer (1990) secara umum sistem tes adaptif memiliki empat komponen, yaitu: bank soal, prosedur pemilihan butir soal, pendugaan kemampuan, dan aturan pemberhentian, sedangkan dua komponen tes yang sering diperhatikan pada sistem tes adaptif adalah keseimbangan konten dan kontrol butir soal yang sering muncul atau kontrol butir favorit.

Menurut Green, et al. (1984) dan Kingsbury & Zara (1989) pengembangan tes adaptif perlu memperhatikan dan mengevaluasi pada enam komponen, yaitu: 1) model response butir, 2) bank soal, 3) pemilihan butir soal awal, 4) metode pendugaan tingkat kemampuan, 5) prosedur pemilihan butir soal, 6) aturan pemberhentian tes.

1. Model *Item Response Theory*

Model *item response theory* (IRT) menggambarkan peluang menjawab butir soal secara benar berdasarkan tingkat kemampuan peserta tes dan butir soal yang diberikan. Dalam pendekatan IRT kemampuan individu atau *proficiency* (disimbolkan dengan θ) dan

tingkat kesukaran butir atau *difficulty* (disimbolkan dengan b) berada pada satu dimensi yang sama (Lord, 1980 ; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991; Embretson & Rase, 2000).

Model IRT memiliki asumsi mengenai data dimana model ini diterapkan. Hambleton & Swaminathan (1985) dan Hambleton, Swaminathan, & Rogers, (1991) menyatakan bahwa ada tiga asumsi yang mendasari teori respons butir, yaitu unidimensi, independensi lokal, dan kecocokan spesifikasi model.

Tiga model IRT yang umum digunakan untuk butir-butir soal dengan format pilihan ganda adalah model-logistik 1 parameter (1P), 2P, dan 3P. Model 1P atau model Rasch merupakan model IRT yang paling sederhana (Hambleton & Swaminathan, 1985; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991; Embretson & Reise, 2000). Pada model ini butir-butir soal diasumsikan tidak dapat dijawab benar dengan cara menebak dan mempunyai daya beda yang sama tetapi setiap butir soal mempunyai tingkat kesukaran (dinyatakan dengan b) bervariasi. Parameter b mengacu pada titik pada skala kemampuan (*ability*) dimana seorang peserta mempunyai peluang 50% menjawab butir soal dengan benar. Semakin besar b semakin sulit butir soal itu. Ketika butir-butir soal diasumsikan mempunyai parameter daya beda (dinyatakan dengan a) yang bervariasi maka model 2P lebih cocok. Nilai a tinggi menunjukkan bahwa kurva karakteristik butir (*item characteristic curve = ICC*) sangat tajam. *ICC* merupakan kurva monoton naik, semakin meningkat tingkat kemampuan peserta tes semakin besar peluang untuk menjawab benar suatu *item* (Hambleton & Swaminathan, 1985; Embretson & Reise, 2000). Nilai a yang rendah menunjukkan bahwa butir soal mempunyai kurva dengan kenaikan yang gradual pada skala kemampuan. Dengan demikian butir soal dengan nilai a yang tinggi lebih dapat membedakan peserta tes kedalam kelompok kemampuan yang berbeda dibandingkan dengan nilai a yang rendah. Model 3P digunakan ketika parameter tebakan semu (*pseudo-guessing*, dinyatakan dengan c) diasumsikan ada dalam model. Parameter ini merepresentasikan peluang seorang peserta tes dengan kemampuan sangat rendah menjawab butir soal dengan benar.

Model IRT dan sifat-sifatnya secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut.

Misalkan seorang peserta tes dengan tingkat kemampuan θ menjawab butir soal pilihan ganda i (U_i), maka peluang peserta tes menjawab butir soal dengan benar atau salah digambarkan sebagai fungsi kepadatan peluang (f.k.p) sebagai berikut:

$$P(U_i = u_i | \theta) = P_i(\theta)^{u_i} Q_i(\theta)^{1-u_i}, \quad u_i = 0, 1, \quad -\infty < \theta < \infty, \quad (1)$$

sedangkan $u_j = 1$ jika jawaban benar, $u_j = 0$ jika jawaban salah, dan $Q(\theta) = 1 - P(\theta)$.

Fungsi tersebut menyatakan sebaran Bernoulli dengan parameter θ . Selanjutnya dengan menerapkan asumsi independensi lokal, fungsi kepadatan peluang (fkp) dari n butir soal dapat dihitung sebagai hasil perkalian dari fkp setiap butir soal:

$$\begin{aligned} P(U_1 = u_1, U_2 = u_2, \dots, U_n = u_n | \theta) &= (P_1(\theta)^{u_1} Q_1(\theta)^{1-u_1}) \dots (P_n(\theta)^{u_n} Q_n(\theta)^{1-u_n}) \\ &= \prod_{i=1}^n P_i^{u_i} Q_i^{1-u_i} \end{aligned} \quad (2)$$

Untuk model 3P, $P_i(\theta)$ dihitung dengan

$$P(\theta) = c + (1 - c) \frac{1}{1 + e^{-1,7a_i(\theta - b_i)}} \quad (3)$$

Sebagai contoh, jika $P_1=0,3$, $P_2=0,6$, $P_3=0,7$, dan pola jawaban peserta pada ketiga butir soal itu adalah (1,1,0), artinya $u_1=1$, $u_2=1$, dan $u_3=0$, maka peluang peserta menjawab dengan pola jawaban seperti itu adalah $0,3 \times 0,6 \times (1 - 0,7)$ atau 0,054.

Ketika spesifikasi model cocok dengan data tes maka dua sifat yang diinginkan dari IRT, yaitu sifat invariansi parameter butir dan parameter kemampuan dapat diperoleh. Kedua sifat IRT ini sangat diinginkan untuk tes adaptif yang akan memberikan butir soal yang berbeda untuk peserta tes yang berbeda pula.

Fungsi Informasi Butir

Nilai fungsi informasi butir menggambarkan seberapa akurat suatu butir soal dapat mengestimasi tingkatan kemampuan peserta tes. Dengan menggunakan fungsi informasi, ketepatan pengukuran pada pengestimasian kemampuan peserta dapat dihitung pada setiap tingkat kemampuan.

Secara matematis, fungsi informasi butir dituliskan sebagai berikut:

$$I_i(\theta) = E \left\{ \left[\frac{\partial \ln f(U_i; \theta)}{\partial \theta} \right]^2 \right\} = \frac{[P'_i(\theta)]^2}{[P_i(\theta)][Q_i(\theta)]} \quad (4)$$

Fungsi informasi butir dinyatakan oleh Birnbaum (Hambleton, Swaminathan , & Rogers, 1991: 91) dalam persamaan berikut.

$$I_i(\theta) = \frac{2,89a_i^2(1-c_i)}{[(c_i + \exp(1,7a_i(\theta - b_i)))][1 + \exp(-1,7a_i(\theta - b_i))]^2} \quad (5)$$

Persamaan (5) menunjukkan bahwa nilai informasi hanya tergantung pada parameter butir (misalnya; a , b , dan c untuk model 3P) dan tingkat kemampuan, θ . Dengan demikian untuk setiap tingkat kemampuan, θ , kontribusi informasi untuk setiap butir pada bank soal dapat dihitung.

Fungsi Informasi Tes

Fungsi informasi tes merupakan jumlah dari fungsi informasi butir penyusun tes tersebut (Hambleton & Swaminathan, 1985). Fungsi informasi perangkat tes secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$I_i(\theta) = \sum_{i=1}^n I_i(\theta) \quad (6)$$

Seperti fungsi informasi butir, fungsi informasi tes menggambarkan seberapa akurat perangkat tes mengestimasi tingkat kemampuan yang berbeda. Semakin besar informasi pada tingkat kemampuan yang diberikan semakin akurat kemampuan itu diestimasi dari perangkat tes itu.

Standard Error of Estimation (SEE)

Kesalahan baku estimasi (*Standard Error of Estimation, SEE*) berkaitan erat dengan fungsi informasi. Fungsi informasi dan *SEE* mempunyai hubungan yang berbanding terbalik kuadratik, semakin besar fungsi informasi maka *SEE* semakin kecil atau sebaliknya. Hubungan keduanya, menurut Hambleton, Swaminathan, & Rogers (1991) dinyatakan dengan

$$SEE(\hat{\theta}) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}} \quad (7)$$

Semakin besar informasi pada tingkat kemampuan yang diberikan semakin akurat kemampuan itu diestimasi dari perangkat tes itu. Weiss & McBride (1984) menyatakan

bahwa tes yang ideal adalah tes yang mempunyai kurva fungsi informasi tes yang tinggi dan melebar.

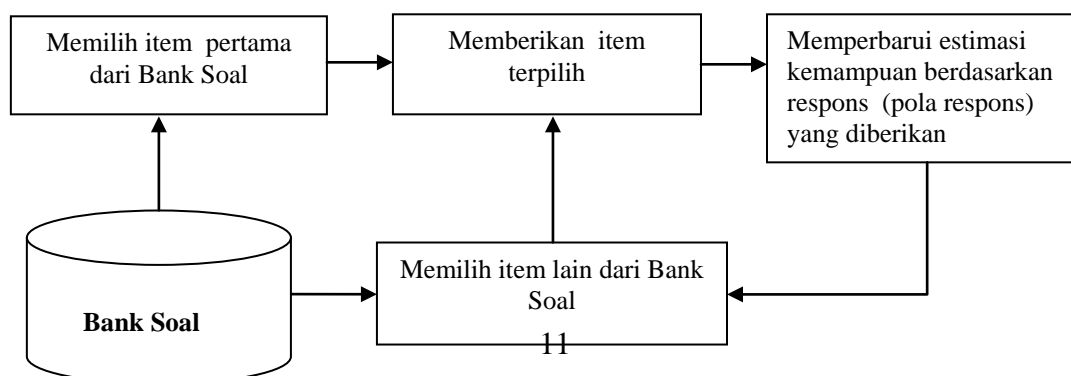
A. 2. Bank Soal

Tes Adaptif mengambil butir soal dari bank soal untuk diberikan kepada peserta tes. Ketersediaan butir-butir soal yang cukup dengan kualitas butir-butir soal yang baik pada bank soal sangat menentukan kualitas tes adaptif.

Menurut Wang & Vispoel (1998), ada tiga komponen yang memberikan kontribusi terhadap kualitas bank soal, yaitu: ukuran bank soal, parameter butir soal, dan struktur isi. Ukuran bank soal minimal dipengaruhi oleh panjang tes dan ukuran peserta tes. Way (1997) menyarankan rasio 1 berbanding 6 – 8 untuk panjang tes dan banyaknya butir soal minimal yang harus ada dalam bank soal, artinya jika panjang tes pada tes adaptif dirancang sebanyak 20 butir soal maka banyaknya butir yang harus tersedia pada bank soal minimal sebanyak 120 sampai 160 butir. Stahl & Lunz (1993) menyarankan sedikitnya 500 butir untuk jumlah peserta tes sebanyak 1000 peserta, dan lebih baik lagi jika bank soal berisi 600 sampai 800 butir soal dengan sebaran yang merata pada setiap materi.

Ansley & Forsyth (1985) dan Folk & Green (1989) menyarankan bank soal untuk keperluan tes adaptif sebaiknya berisi butir-butir soal dengan: daya beda bersebaran seragam antara 0,4 sampai 2,0, tingkat kesukaran bersebaran seragam antara -2,0 sampai 2,0, dan faktor *guessing* bersebaran seragam antara 0 sampai 0,3.

Proses tes adaptif secara skematik disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Tes Adaptif

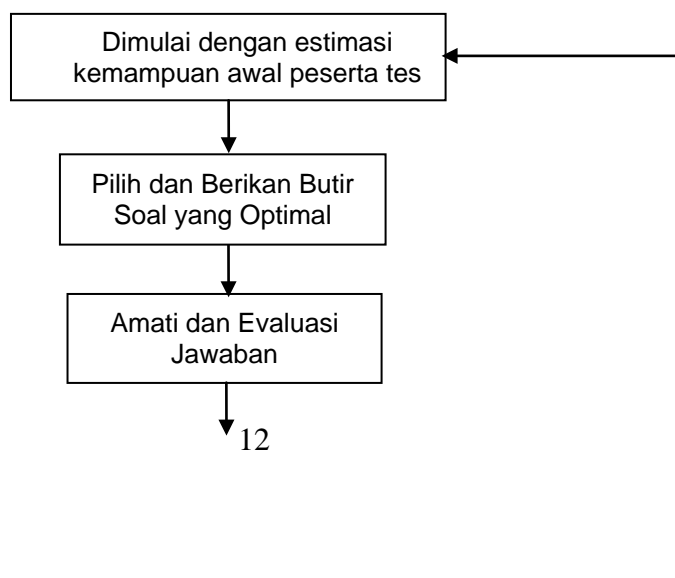
Berdasarkan Gambar 1, tes adaptif dimulai dengan memilih butir soal dari bank soal. Setelah butir soal dipilih, selanjutnya butir soal diberikan kepada peserta tes. Setelah peserta merespons (benar atau salah) butir soal, kemudian tingkat kemampuan peserta diestimasi kembali. Selanjutnya, berdasarkan estimasi tingkat kemampuan terbaru, butir soal yang lain dipilih kembali dari bank soal. Kemudian butir soal yang lain diberikan lagi kepada peserta tes, begitu seterusnya proses ini berlangsung dan diberhentikan setelah sebanyak butir soal yang ditentukan sudah diberikan atau setelah presisi estimasi tingkat kemampuan atau tingkat kesalahan baku pengukuran yang diinginkan telah dicapai.

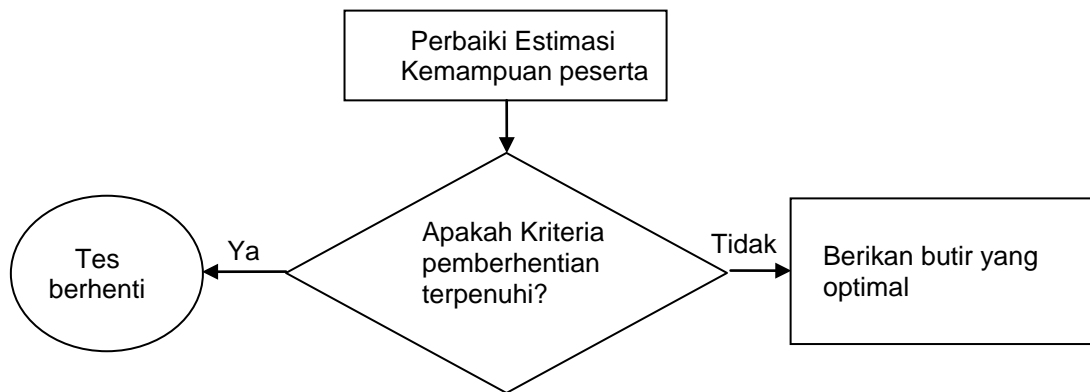
3. Algoritma Tes Adaptif

Thissen & Mislevy (1990) menjelaskan langkah-langkah yang umum digunakan untuk mengembangkan algoritma tes adaptif sebagai berikut:

- 1) Bagaimana memulai: Butir soal pertama apa yang diberikan pada peserta tes?
- 2) Bagaimana melanjutkan: Setelah ada jawaban, butir soal berikutnya yang bagaimana yang diberikan pada peserta?
- 3) Bagaimana mengakhiri: Kapan tes dihentikan?

Bagan alur pengujian algoritma disajikan pada gambar 2 berikut.





Gambar 2. Bagan Alur Pengujian Algoritma Tes Adaptif

1. Memulai Tes Adaptif

Ketika tes adaptif dimulai, belum ada butir soal yang diberikan pada peserta tes, belum ada respons atau jawaban yang diberikan oleh peserta tes sehingga tes adaptif dimulai dengan mengestimasi tingkat kemampuan awal peserta tes (Green, et al. 1984; Vispoel, 1999; Mills, 1999). Jika tidak ada informasi tingkat kemampuan peserta, maka tingkat kemampuan awal peserta tes umumnya di estimasi pada rentang tingkat kemampuan sedang. Selanjutnya komputer memilih dan menyajikan atau memberikan butir soal yang optimal dengan estimasi tingkat kemampuan awal peserta tes tersebut.

Hambleton, Zaal, & Pieters (1991) menyimpulkan bahwa kemampuan awal pada tes adaptif tidak berpengaruh nyata pada estimasi kemampuan akhir jika panjang tes tidak terlalu pendek. Chen, Ankenmann, & Chang (2000) menyimpulkan bahwa setelah mencapai 10 butir soal maka estimasi kemampuan akhir peserta pada tes adaptif tidak dipengaruhi secara signifikan oleh metode pemilihan butir awal. Lunz & Bergstrom (1994) menemukan bahwa estimasi kemampuan akhir peserta tes yang mengambil tes *American Society for Clinical Pathologies (ASCP-adaptive test)* tidak dipengaruhi oleh butir soal pertama mereka apakah mudah, sedang atau sukar.

2. Proses Melanjutkan

Setelah memperoleh jawaban peserta tes terhadap butir soal yang diberikan, selanjutnya komputer menskor jawaban dengan benar atau salah, kemudian memutuskan apakah tes dilanjutkan ataukah tidak. Dua langkah untuk proses melanjutkan tes adaptif, langkah pertama adalah memperbaiki atau mengestimasi tingkat kemampuan peserta tes; langkah kedua adalah bagaimana memilih butir soal berikutnya.

B. Metode Pendugaan Tingkat Kemampuan

Metode yang umum digunakan untuk mengestimasi kemampuan peserta tes adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) (Birnbau, 1958; Baker, 1992), dan tiga metode Bayes: *Owen's Bayesian Procedure* (OWEN) (Owen, 1975), the *Expected a Posteriori Procedure* (EAP) (Bock & Aitken, 1981; Bock & Mislevy, 1982), and *Maximum a Posteriori Estimation* (MAP) (Samejima, 1969). Berikut dipaparkan secara singkat metode MLE.

Maximum Likelihood Estimation

Misalkan seorang peserta tes dengan tingkat kemampuan θ menjawab tes yang berisi n butir soal pilihan ganda dengan parameter butir soal diketahui. Peluang bersama dari peserta tes dapat dituliskan sebagai $P(U_1, U_2, \dots, U_n | \theta)$. Selanjutnya jika asumsi independensi lokal diterapkan maka fungsi kemungkinannya (*likelihood function*); $L(\theta)$, dituliskan sebagai berikut

$$L(\theta) = P(U_1 = u_1, U_2 = u_2, \dots, U_n = u_n | \theta) = \prod_{i=1}^n P_i(\theta)^{u_i} Q_i(\theta)^{1-u_i}, \quad (8)$$
$$i = 1, 2, \dots, n, -\infty < \theta < \infty$$

Tujuan MLE adalah menemukan nilai yang memaksimumkan $L(\theta)$. Nilai parameter kemampuan yang memaksimumkan fungsi kemungkinan, L disebut dengan estimasi kemungkinan maksimum kemampuan. Secara matematik, hal ini sama dengan untuk menemukan nilai yang memaksimumkan nilai logaritma natural, $\ln L(\theta)$. Nilai ini dapat diperoleh dengan membuat turunan pertama dari $\ln L(\theta)$ terhadap θ sama dengan nol.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^n [u_i - P_i(\theta)] \frac{P_i'(\theta)}{P_i(\theta) Q_i(\theta)} = 0. \quad (9)$$

Pada prakteknya, untuk menyelesaikan sistem persamaan (9) dilakukan dengan menggunakan prosedur Newton-Raphson (Hambleton & Swaminathan, 1985).

Satu masalah dengan penerapan metode MLE pada tes adaptif adalah ketidakmampuan fungsi kemungkinan untuk menemukan solusi maksimum ketika peserta tes menjawab semua butir soal dengan benar atau salah. Jalan keluar untuk mengatasi ketidakmampuan ini digunakan metode *step-size* (Dodd, 1990).

Pemilihan Butir Soal Berikutnya

Setelah kemampuan peserta diestimasi kembali, kemudian komputer mesti memilih butir soal berikutnya. Dua metode yang digunakan untuk memilih butir soal berikutnya, yaitu metode pemilihan menggunakan Informasi butir soal Maksimum (Lord, 1980) dan metode *Efficiency and Balanced Information* (Han, 2012). Kedua metode pemilihan butir soal selanjutnya dapat dikombinasikan dengan metode kontrol *item exposure* dan keseimbangan konten (*content balance*).

Informasi Maksimum

Lord (1977, 1980) menyarankan menggunakan kriteria informasi butir soal maksimum untuk memilih butir soal berikutnya untuk diberikan pada peserta tes. Berdasarkan kriteria ini, butir soal yang mempunyai nilai fungsi informasi terbesar pada kemampuan peserta tertentu dipilih untuk diberikan pada peserta tes (Weiss, 1982).

$$I_i(\hat{\theta}_j) = \frac{(Da_i)^2(1 - c_i)}{[c_i + e^{Da_i(\hat{\theta}_j - b_i)}][c_i + e^{Da_i(\hat{\theta}_j - b_i)}]^2} \quad (10)$$

dimana a_i , b_i , dan c_i adalah daya beda, tingkat kesukaran, dan faktor tebakan dalam model IRT 3 parameter. θ_j adalah kemampuan peserta ke- j dan D adalah konstanta yang bernilai 1,702. Kriteria fungsi informasi maksimum ini paling populer digunakan dalam

prosedur pemilihan butir soal pada tes adaptif karena menjamin bahwa nilai fungsi informasi tes untuk setiap peserta tes adalah maksimum, artinya kesalahan baku pengukuran minimum. Namun kriteria ini memiliki kelemahan yaitu kurang akuratnya hasil estimasi kemampuan peserta pada ketika lima atau kurang butir soal telah diberikan kepada peserta tes. Kelemahan lain adalah butir-butir soal dengan daya beda tinggi sering terpilih dibandingkan butir-butir soal yang dengan daya beda rendah akibatnya kebermanfaatan butir-butir soal dalam bank soal kurang optimal.

Efficiency Balanced Information

Han (2012) menyarankan menggunakan kriteria *Efficiency Balanced Information* (EBI) untuk memilih butir soal berikutnya untuk diberikan pada peserta tes. Berdasarkan prosedur ini, butir soal yang mempunyai nilai EBI terbesar dipilih untuk diberikan pada peserta tes.

$$EBI_i(\hat{\theta}_j) = \left(1 + \frac{1}{I_i(\theta_i^*)} \right) \int_{\theta_j - 2\varepsilon_j}^{\theta_j + 2\varepsilon_j} I_i(\theta) d\theta \quad (11)$$

$$\text{dimana: } \theta_i^* = b_i + \frac{1}{Da_i} \ln \left(\frac{1 + \sqrt{1 + 8c_i}}{2} \right),$$

$I_i(\theta_i^*)$ = fungsi informasi butir pada saat theta yang disesuaikan dengan tingkat kesukaran butir.

Dalam prosedur EBI, estimasi tingkat kemampuan peserta akan disesuaikan dengan tingkat kesukaran butir dan di set pada 2ε atau $2 \text{ Standard Error of Estimation (SEE)}$ dari estimasi kemampuan setelah butir ke- j diberikan kepada peserta tes ($\hat{\theta}_j + 2\varepsilon_j$). Sehingga ketika SEE besar maka berdasarkan kriteria ini butir-butir soal dengan nilai

daya beda rendah akan terpilih di awal, sedangkan butir-butir soal dengan daya beda tertinggi akan terpilih di akhir. Dengan demikian kebermanfaatan Bank Soal lebih optimal dengan tidak mengurangi tingkat akurasi dalam estimasi kemampuan peserta tes khususnya pada awal tes.

Metode Kontrol Item Exposure

Metode kontrol butir soal yang sering dimunculkan pada tes adaptif telah berkembang dari yang paling sederhana sampai yang kompleks. Metode sederhana yang sering digunakan dalam tes adaptif adalah metode randomisasi (Kingsbury & Zahra, 1989). Metode kontrol item exposure yang kompleks antara lain adalah metode Simpson-Hetter (S-H).

Metode S-H

Stocking & Lewis (1998) menjelaskan bahwa metode Simpson-Hetter (S-H) terdiri atas dua langkah. Langkah pertama adalah menentukan peluang butir soal terpilih berdasarkan kriteria pemilihan butir soal, misalnya disimbolkan dengan $P(S)$. Langkah kedua adalah membandingkan apakah peluang butir soal terpilih lebih kecil atau lebih besar dari target yang telah ditetapkan. Butir soal akan diberikan atau dimunculkan kepada peserta tes didasarkan parameter kontrol item exposure dengan aturan Jika $P(S) > r$ maka $K_i = r / P(S)$ dan Jika $P(S) \leq r$ maka $K_i = 1,0$; dimana r adalah target item exposure dan K_i = parameter kontrol item exposure. Butir soal akan dimunculkan jika K_i lebih besar dari nilai bilangan random uniform yang dibangkitkan. Semakin besar nilai K_i semakin besar peluang butir soal yang terpilih dimunculkan dalam rancangan tes adaptif, sebaliknya semakin kecil nilai K_i semakin kecil peluang butir soal yang terpilih akan dimunculkan dalam rancangan tes adaptif. Bagi pembaca yang ingin mempelajari lebih dalam mengenai metode S-H dapat ditemukan antara lain pada Chen, Ankenmann, & Chang (2000), pada Leung, Chang, & Tai (2002), dan pada Chen & Lei (2005).

Metode C-M

Metode Conditional Multinomial (C-M) untuk mengontrol *item exposure* pada prinsipnya sama dengan metode S-H, perbedaannya adalah pada metode S-H kontrol *item exposure* dilakukan tanpa mempertimbangkan tingkat kemampuan peserta, sedangkan pada metode C-M kontrol *item exposure* dengan mempertimbangkan tingkat kemampuan peserta. Dengan kata lain pada metode S-H kontrol *item exposure* tidak mensyaratkan tingkat kemampuan peserta sedangkan pada metode C-M sudah mensyaratkan tingkat kemampuan peserta (Stocking & Lewis, 1998).

Keseimbangan Isi (*Content-Balance*)

Pengembang tes adaptif mesti memrogram komputer untuk memilih butir-butir yang menjamin bahwa semua peserta tes memperoleh butir-butir soal sesuai dengan kisi-kisi. Inilah yang disebut keseimbangan konten. Berdasarkan algoritma keseimbangan konten, butir soal berikutnya yang diberikan adalah butir soal yang mempunyai nilai fungsi informasi maksimum atau efisiensi balance information maksimum dan berasal dari kategori konten yang diinginkan. Butir soal awal dirancang agar butir soal dari modul 1 yang diberikan kepada peserta tes. Secara proporsional butir soal yang berasal dari modul 2 diberikan, begitu seterusnya sampai butir soal yang berasal dari modul terakhir telah diberikan dan telah memenuhi kriteria pemberhentian tes yang telah ditetapkan untuk memberhentikan tes.

3. Aturan Pemberhentian

Dua metode utama yang sering digunakan untuk memberhentikan tes, yaitu *equal measurement precision* dan *fixed number of items*. Kedua metode ini menghasilkan variansi kesalahan pengukuran yang berbeda. Tujuan digunakannya metode *equal measurement precision* adalah menghasilkan skor tes dengan tingkat ketepatan estimasi yang sama. Namun, panjang tes diprediksikan bervariasi dari satu peserta dengan peserta

tes lainnya. Sedangkan penerapan aturan *fixed number of items* akan berakibat pada ketepatan estimasi yang tidak sama, namun demikian, kriteria ini lebih mudah diterapkan.

Terkait dengan aturan pemberhentian tes maka pada penelitian ini dikembangkan desain algoritma tes adaptif menggunakan aturan pemberhentian *equal measurement precision* dengan memperhatikan keseimbangan konten dan mengontrol butir soal yang sering muncul menggunakan metode S-H dan C-M. Keseimbangan konten dalam tes adaptif yang akan diterapkan dalam SUO UT penting diperhatikan karena sistem pembelajaran di UT menggunakan sistem moduler, sehingga keterwakilan butir-butir soal pada setiap materi setiap modul harus diberikan untuk peserta tes. Sedangkan kontrol butir soal favorit atau butir soal yang sering muncul perlu juga diperhatikan untuk menjaga keamanan tes.

Rancangan algoritma tes adaptif yang dilakukan pada penelitian simulasi ini adalah dengan mengkombinasikan aturan pemberhentian menggunakan *fixed number*, *equal measurement precision*, dan keseimbangan konten. Pada penelitian ini aturan *fixed number* ditetapkan sebesar 50 persen dari panjang tes dengan *paper and pencil test* atau SUO UT, *equal measurement precision* ditetapkan sebesar 0,3, nilai SEE sebesar ini yang setara dengan tingkat reliabilitas sebesar 0,90 pada tes klasik menggunakan *paper and pencil test*, dan keseimbangan konten. Berdasarkan kombinasi antara aturan pemberhentian tes dan keseimbangan isi, maka butir soal awal berasal dari modul 1 yang diberikan kepada peserta tes. Selanjutnya secara proporsional butir soal yang berasal dari modul 2 diberikan, begitu seterusnya sampai butir soal yang berasal dari modul terakhir telah diberikan dan jika sampai butir soal dari modul terakhir nilai SEE sudah mencapai 0,3 maka tes diberhentikan, namun jika SEE belum mencapai 0,3 maka tes dilanjutkan dengan memunculkan butir soal yang berasal dari modul 1 lagi, begitu seterusnya sampai nilai SEE mencapai 0,3 dan tes diberhentikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat, Waktu dan Target Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Pengujian dan Pusat Komputer UT, Pondok Cabe, Tangerang, Banten. Penelitian merupakan penelitian multi-tahun yaitu dirancang selama 2 tahun. Target penelitian pada tahun pertama adalah menghasilkan desain algoritma tes adaptif yang valid, sedangkan target tahun kedua adalah teraplikasinya desain algoritma tes adaptif yang valid tersebut dalam SUO-UAS UT.

B. Prosedur Pengembangan Model Tes Adaptif

Prosedur pengembangan dalam penelitian ini terdiri atas empat tahap: tahap pertama adalah tahap identifikasi matakuliah yang akan dijadikan sebagai matakuliah untuk tes adaptif, tahap kedua membangun bank soal, tahap ketiga simulasi algoritma tes adaptif, dan tahap keempat membangun program tes adaptif pada SUO UT. Tahap pertama sampai tahap ketiga dilaksanakan pada tahun pertama, sedangkan tahap keempat akan dilaksanakan pada tahun kedua.

Tahap 1. Identifikasi Matakuliah

Matakuliah dipilih didasarkan pada: 1) matakuliah yang pelaksanaan ujiannya dilakukan dengan PPT, 2) untuk menjamin hasil estimasi parameter butir soal yang reliabel dipilih matakuliah yang diikuti oleh minimumnya 250 peserta. Setelah matakuliah ditentukan, selanjutnya diambil data, yaitu berupa Lembar Jawaban Ujian (LJU), yang berisi respons peserta ujian terhadap perangkat tes matakuliah terpilih.

Tahap 2. Membangun Bank Soal

Bank Soal untuk keperluan tes adaptif dirancang berdasarkan data bangkitan dan data empiris. Bank Soal data bangkitan dikembangkan atau dibangun berdasarkan kriteria bank soal yang memenuhi kriteria bank soal yang ideal, yaitu bank soal yang berisi butir-butir soal dengan karakteristik butir soal yang ideal berdasarkan model IRT 3 parameter, yaitu dengan tingkat kesukaran berdistribusi normal baku, rentang daya beda dari 0,7 sampai 2,0, dan faktor tebakan dari 0,0 sampai 0,25. Sedangkan Bank Soal data empiris dibangun dari butir-butir soal yang telah diujikan dengan PPT. Data pola respons dari 8 - 14 masa ujian dikalibrasi menggunakan pendekatan *item response theory* (IRT) menggunakan *software* BILOGMG (Mislevy & Bock, 1990). Untuk menentukan seberapa baik model IRT *fit* dengan

data tes dilakukan uji kecocokan model IRT terhadap data. Selanjutnya butir-butir soal yang fit dengan model IRT dipilih sebagai butir soal pada bank soal untuk keperluan tes adaptif.

Tahap 3. Simulasi Algoritma Tes Adaptif

Simulasi rancangan tes adaptif dilakukan berdasarkan bank soal bangkitan maupun empiris pada 31 titik tingkat kemampuan (*theta*) dari rentang tingkat kemampuan -3,0 sampai +3,0. Setiap titik tingkat kemampuan diulang sebanyak 100 kali. Rancangan algoritma tes adaptif yang disimulasikan adalah sebagai berikut.

1. Estimasi awal kemampuan peserta dari - 0,5 sampai +0,5
2. Metode estimasi peserta setelah peserta menjawab butir soal menggunakan metode Maximum Likelihood.
3. Aturan pemberhentian tes dengan menerapkan kombinasi *fixed number*, *equal measurement precision* menggunakan batas SEE = 0,30 dan keseimbangan isi.
4. Keseimbangan isi dilakukan dengan memilih dan memunculkan butir soal awal berasal dari modul 1 secara proporsional, butir soal berikutnya juga secara proporsional dipilih dari modul 2, modul 3, dan seterusnya sampai butir soal yang berasal dari modul terakhir. Jika belum mencapai batas SEE yang telah ditentukan maka proses pemilihan butir soal dilanjutkan kembali dengan memilih butir soal yang berasal dari modul 1 lagi.

Berdasarkan kriteria pemilihan butir dan kontrol *item exposure* dalam penelitian ini dirancang empat rancangan algoritma, yaitu.

<p>Rancangan 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemilihan butir soal menggunakan kriteria Informasi Maksimum. • Tanpa Kontrol Item Exposure 	<p>Rancangan 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimasi awal • Pemilihan butir soal menggunakan kriteria Efficiency Balance Information (EBI) • Tanpa Kontrol Item Exposure 	<p>Rancangan 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimasi awal kemampuan peserta tes dari - 0,5 sampai + 0,5 • Pemilihan butir soal menggunakan kriteria Efficiency Balance Information (EBI) • Dengan Kontrol Item Exposure menggunakan metode S-H 	<p>Rancangan 4.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimasi awal kemampuan peserta tes dari - 0,5 sampai + 0,5 • Pemilihan butir soal menggunakan kriteria Efficiency Balance Information (EBI) • Dengan Kontrol Item Exposure menggunakan metode C-M
--	--	--	--

Simulasi dilakukan menggunakan program SAS versi 9. Program ini dipilih karena kelebihanannya dalam mengolah data berstruktur matriks menggunakan prosedur IML

(*Interactive Matrix Language*). Selanjutnya evaluasi penerapan rancangan tes adaptif dilakukan terhadap banyaknya butir soal yang diperlukan, keakuratan estimasi melalui tiga kriteria, yaitu: performa estimasi kemampuan peserta, bias, dan kesalahan baku pengukuran (*standard error of measurement* = SEM), serta evaluasi terhadap proporsi penggunaan butir soal.

1. Bias

Bias adalah selisih antara estimasi tingkat kemampuan ($\hat{\theta}$) dengan kemampuan sesungguhnya (*true ability*). Secara matematis, bias dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Bias(\theta) = \sum_{r=1}^R (\hat{\theta}_r - \theta) / R \quad (11)$$

2. Kesalahan Baku Pengukuran

Kesalahan baku pengukuran (*Standard Error of Measurement* = SEM) mengindikasikan kesalahan acak pada pengestimasian tingkat kemampuan tertentu. Kesalahan ini juga menggambarkan presisi dari pengestimasian kemampuan. Rumus untuk menghitung SEM adalah

$$SEM(\theta) = \sqrt{\frac{1}{R} \sum_{r=1}^R (\hat{\theta}_r - \bar{\theta})^2} \quad (12)$$

dimana $\bar{\theta} = \sum_{r=1}^R \hat{\theta}_r / R$ adalah rata-rata estimasi kemampuan dari R ulangan.

Tahap 4. Membuat Program Tes Adaptif pada SUO UT

Tahapan ke empat ini akan peneliti laksanakan pada tahun kedua. Berdasarkan rancangan algoritma tes adaptif pada studi simulasi, selanjutnya dibuat suatu program (*software*) aplikasi tes adaptif pada SUO UT.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Bank Soal

Bank soal data bangkitan dibangun melalui *software* WinGen versi 2 (Han & Hambleton, 2007). Sebanyak 900 butir soal yang terbagi dalam 9 modul atau 100 butir soal untuk setiap modul. Karakteristik atau parameter butir soal dibangkitkan berdasarkan model Item Response Theory (IRT) 3 parameter, yaitu tingkat kesukaran, daya beda, dan faktor tebakan (*guessing*). Ringkasan Statistik parameter butir soal pada bank soal data bangkitan disajikan pada tabel 1. berikut.

Tabel 1. Ringkasan Statistik Parameter Butir Soal pada Bank Soal Data Bangkitan

Parameter	Mean	Std-deviasi	Min.	Maks.
Daya beda (a)	1,325	0,366	0,70	2,00
Tingkat kesukaran (b)	0,032	0,980	-3,27	3,62
Faktor Tebakan atau <i>Guessing</i> (c)	0,127	0,722	0,00	0,25

B. Hasil Simulasi

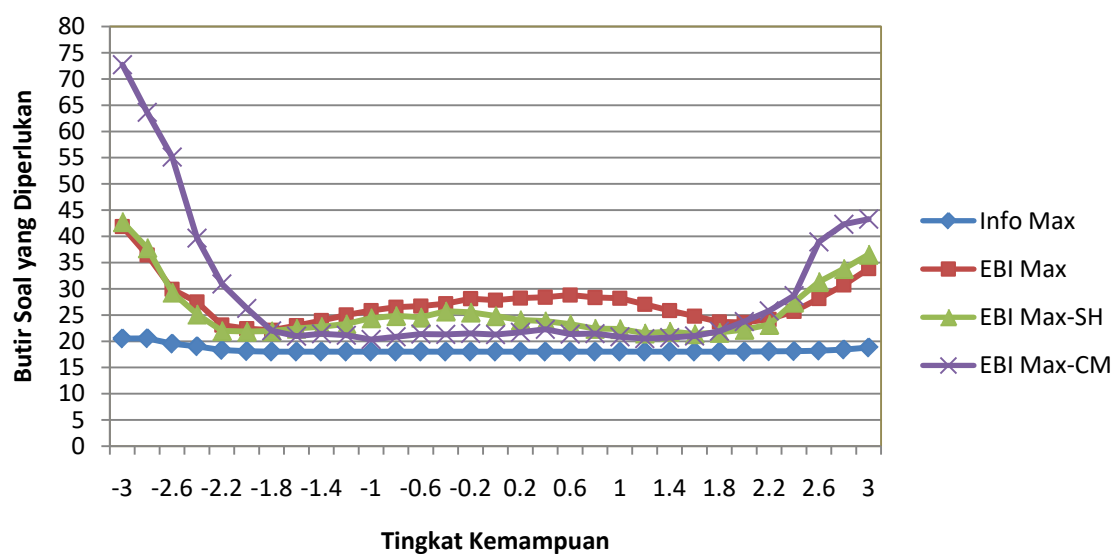
1. Panjang Tes

Butir soal yang diperlukan atau panjang tes untuk setiap rancangan dan setiap tingkat kemampuan peserta disajikan pada tabel 2 dan gambar 3. Berdasarkan tabel 2 dan gambar 3 terlihat bahwa penerapan kriteria Informasi Maximum memerlukan banyaknya butir soal secara rata-rata sebanyak 18 butir soal sampai peserta tersebut dinyatakan berhenti mengikuti tes, sedangkan untuk kriteria EBI Maksimum, kriteria EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode SH, dan kriteria EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode CM masing-masing sebesar 27, 25 dan 24 butir soal sampai peserta tes diberhentikan tesnya. Dengan demikian metode Informasi Maksimum merupakan metode yang memerlukan banyak butir soal yang paling sedikit dibandingkan tiga metode lainnya, namun demikian dari sisi performa atau kinerja hasil estimasi tingkat kemampuan, kriteria EBI Maksimum yang paling baik.

Tabel 2. Banyaknya Butir Soal yang Diperlukan Berdasarkan Empat Rancangan Algoritma Tes Adaptif

Theta	Info Max	EBI Max	EBI Max-SH	EBI Max-CM
-3	21	42	43	73
-2.8	21	36	38	64
-2.6	20	30	29	55

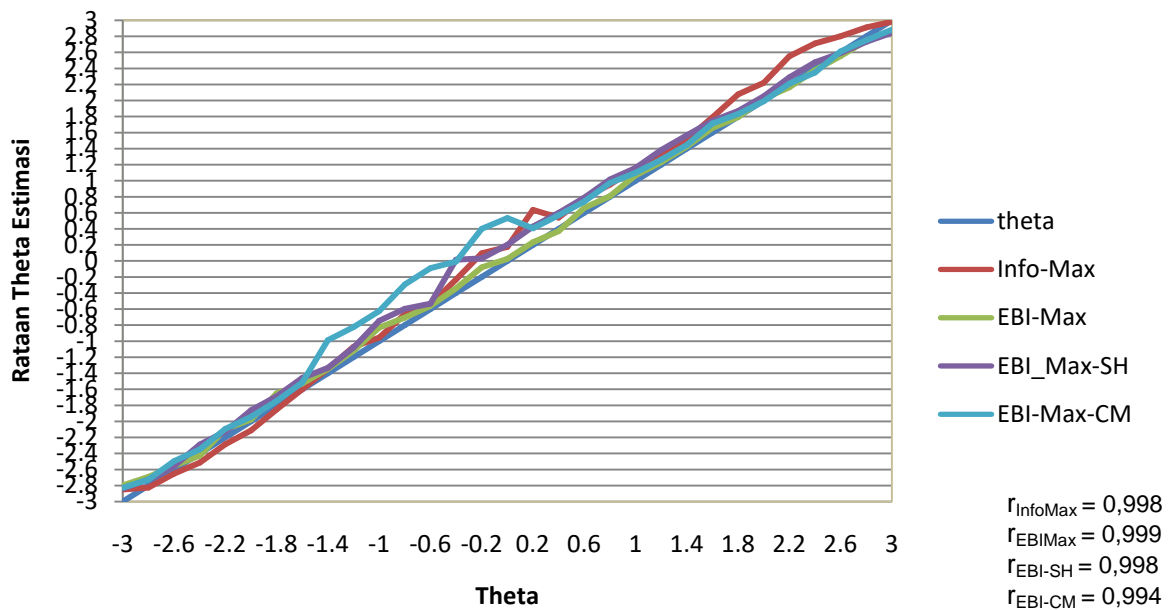
-2.4	19	27	25	40
-2.2	18	23	22	31
-2	18	22	22	26
-1.8	18	22	22	22
-1.6	18	23	22	21
-1.4	18	24	23	21
-1.2	18	25	23	21
-1	18	26	24	20
-0.8	18	27	25	21
-0.6	18	27	25	21
-0.4	18	27	26	21
-0.2	18	28	26	22
0	18	28	25	21
0.2	18	28	24	22
0.4	18	28	24	22
0.6	18	29	23	21
0.8	18	28	22	21
1	18	28	22	21
1.2	18	27	22	21
1.4	18	26	22	21
1.6	18	25	21	21
1.8	18	24	22	22
2	18	24	22	24
2.2	18	24	23	26
2.4	18	26	27	29
2.6	18	28	31	39
2.8	18	31	34	42
3	19	34	37	43



Gambar 3. Banyak Butir Soal yang Diperlukan

2. Performa Estimasi Tingkat Kemampuan

Performa hasil estimasi tingkat kemampuan (theta) dari keempat rancangan tes adaptif yang disimulasikan disajikan pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Performa Estimasi Tingkat Kemampuan

Berdasarkan gambar 4 di atas terlihat bahwa performa hasil estimasi tingkat kemampuan yang dihasilkan oleh rancangan tes adaptif menggunakan metode EBI Maksimum sangat baik, hal ini juga diperlihatkan dengan besarnya korelasi antara theta dengan rata-rata theta estimasi dengan metode ini sebesar 0,999, artinya performasi hasil estimasi menggunakan metode EBI Maksimum sangat mendekati nilai theta sesungguhnya (*true theta*), sedangkan untuk metode Informasi Maksimum dan Metode EBI dengan kontrol butir exposure dengan metode kontrol SH sebesar 0,998, dan dengan metode CM adalah sebesar 0,994.

3. Bias

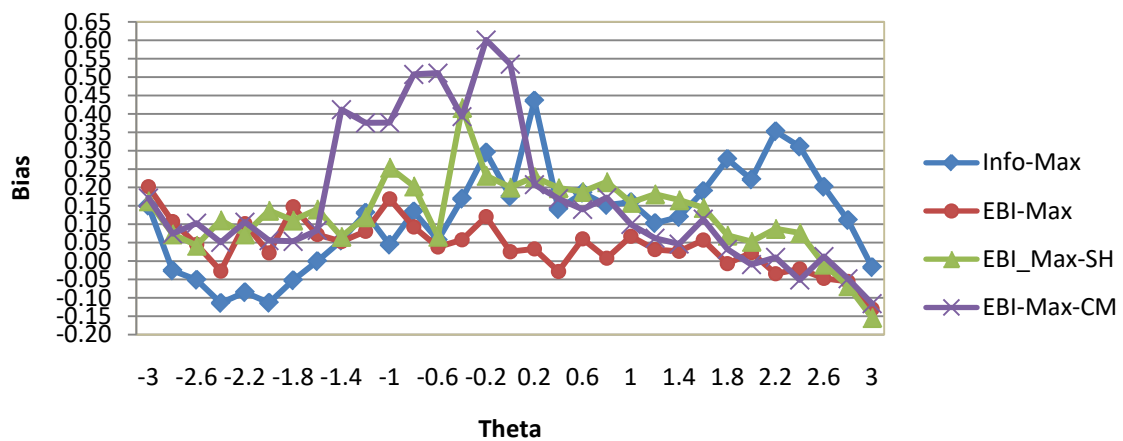
Bias adalah selisih antara estimasi tingkat kemampuan dengan kemampuan sesungguhnya (*true theta*). Bias keempat rancangan tes adaptif yang disimulasikan disajikan pada tabel 3 dan gambar 5 berikut.

Berdasarkan tabel 3 dan Gambar 5 di atas terlihat bahwa bias untuk setiap tingkat kemampuan (theta) yang disimulasikan yang paling kecil adalah bias pada rancangan tes adaptif menggunakan kriteria EBI Maksimum, disusul terkecil kedua adalah bias pada rancangan tes adaptif menggunakan kriteria EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode Sympton-Hetter. Hal ini senada dengan performa hasil estimasi tingkat kemampuan peserta

yang menyatakan bahwa performa hasil estimasi tingkat kemampuan dengan menggunakan kriteria EBI Maksimum adalah yang paling baik dibandingkan dengan tiga metode lainnya.

Tabel 3. Bias Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan

theta	Info-Max	EBI-Max	EBI_Max-SH	EBI-Max-CM
-3	0.150608	0.202398	0.163287	0.171487
-2.8	-0.02563	0.107313	0.073375	0.074336
-2.6	-0.05106	0.045426	0.042569	0.103109
-2.4	-0.11403	-0.02705	0.111522	0.051021
-2.2	-0.08479	0.101816	0.073332	0.105964
-2	-0.11344	0.022224	0.137403	0.055827
-1.8	-0.05235	0.147997	0.110851	0.05367
-1.6	-0.00042	0.07224	0.141008	0.08361
-1.4	0.055445	0.053299	0.066562	0.411661
-1.2	0.131176	0.081016	0.11995	0.375495
-1	0.044324	0.169477	0.254531	0.376184
-0.8	0.134531	0.093041	0.203647	0.507339
-0.6	0.056751	0.038469	0.067063	0.511036
-0.4	0.169275	0.058106	0.416674	0.392732
-0.2	0.294898	0.120844	0.232504	0.600898
0	0.17521	0.025581	0.200499	0.53505
0.2	0.435741	0.033118	0.228841	0.20772
0.4	0.14096	-0.02813	0.198784	0.16962
0.6	0.185401	0.06058	0.188638	0.140409
0.8	0.152032	0.008071	0.215238	0.172654
1	0.15994	0.067402	0.159061	0.099576
1.2	0.103022	0.031575	0.182007	0.062204
1.4	0.119396	0.026775	0.166072	0.046386
1.6	0.190099	0.057273	0.14531	0.114056
1.8	0.27698	-0.00697	0.069962	0.032095
2	0.221634	0.023275	0.053229	-0.00947
2.2	0.352423	-0.03442	0.088153	0.00995
2.4	0.310792	-0.0213	0.076648	-0.05143
2.6	0.201584	-0.04672	-0.00877	0.012476
2.8	0.111252	-0.05521	-0.06735	-0.04793
3	-0.01678	-0.12995	-0.15384	-0.11573



Gambar 5. Bias Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan

4. SEM

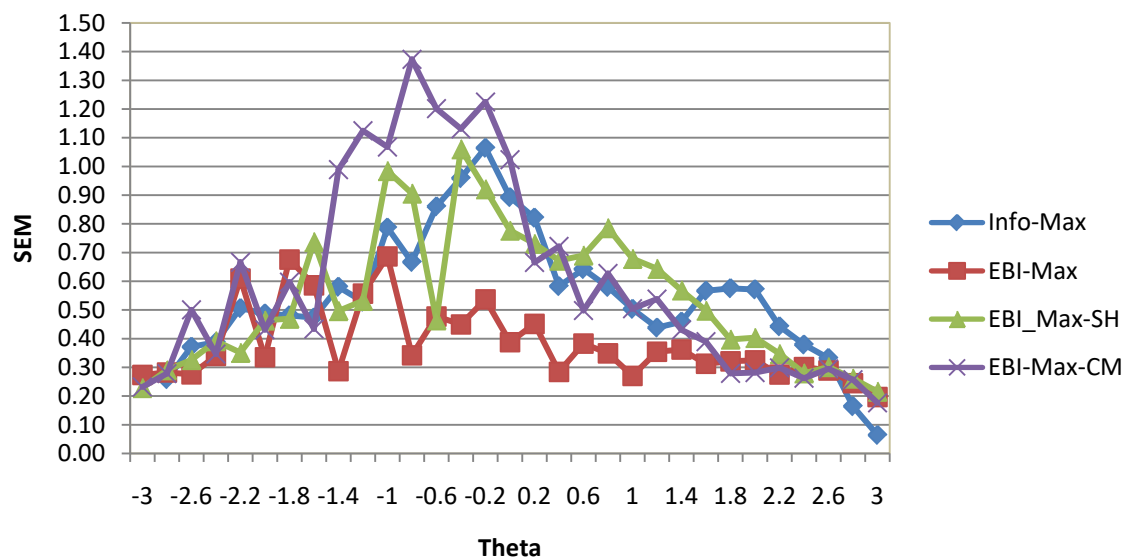
Standard Error of Measurement (SEM) merupakan ukuran yang mengindikasikan kesalahan acak pada pengestimasian tingkat kemampuan tertentu. Kesalahan ini juga menggambarkan presisi dari pengestimasian theta (tingkat kemampuan). SEM untuk keempat rancangan tes adaptif yang disimulasikan disajikan pada tabel 4 dan gambar 6.

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 6 terlihat bahwa rancangan tes adaptif dengan kriteria EBI Maksimum menghasilkan hasil yang paling akurat dibandingkan ketiga metode pemilihan butir soal yang lainnya. Dari 100 kali replikasi hasil simulasi, SEM yang dihasilkan cukup kecil untuk rancangan tes adaptif dengan kriteria EBI Maksimum dibandingkan dengan ketiga kriteria dan metode lainnya. Hal ini senada dengan hasil simulasi mengenai performa estimasi dan bias yang menunjukkan bahwa penerapan kriteria EBI Maksimum pada rancangan tes adaptif merupakan kriteria yang paling baik dibandingkan ketiga kriteria pemilihan butir soal lainnya.

Tabel 4. *Standard Error of Measurement* Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan

theta	Info-Max	EBI-Max	EBI_Max-SH	EBI-Max-CM
-3	0.271368	0.273732	0.228548	0.231971
-2.8	0.258759	0.282493	0.290735	0.278624
-2.6	0.371512	0.275968	0.326208	0.50059

-2.4	0.387753	0.340052	0.392097	0.346506
-2.2	0.506691	0.609572	0.351448	0.666465
-2	0.487241	0.335505	0.46395	0.431357
-1.8	0.481223	0.675991	0.470009	0.597187
-1.6	0.473464	0.586033	0.737188	0.434117
-1.4	0.580478	0.286927	0.496679	0.989046
-1.2	0.528792	0.556946	0.532234	1.124533
-1	0.787077	0.686767	0.984554	1.067962
-0.8	0.666864	0.342164	0.905989	1.373321
-0.6	0.860358	0.477497	0.464686	1.201602
-0.4	0.959248	0.449661	1.060473	1.13122
-0.2	1.064794	0.536807	0.921055	1.224753
0	0.893091	0.387812	0.777113	1.023595
0.2	0.821175	0.451805	0.731241	0.665701
0.4	0.582981	0.284579	0.67244	0.721438
0.6	0.642317	0.382992	0.690168	0.498165
0.8	0.580108	0.349176	0.785813	0.627146
1	0.503501	0.27063	0.678731	0.504726
1.2	0.438531	0.354566	0.643879	0.538102
1.4	0.458781	0.362411	0.568609	0.430909
1.6	0.566685	0.312861	0.498151	0.389833
1.8	0.575551	0.321321	0.397452	0.279089
2	0.571437	0.324381	0.403292	0.282093
2.2	0.442953	0.275153	0.347633	0.298575
2.4	0.379446	0.301443	0.279947	0.262739
2.6	0.332198	0.289143	0.301581	0.294909
2.8	0.16437	0.245052	0.261589	0.25732
3	0.064366	0.196691	0.215846	0.176548



Gambar 6. SEM Keempat Rancangan Tes Adaptif yang Disimulasikan

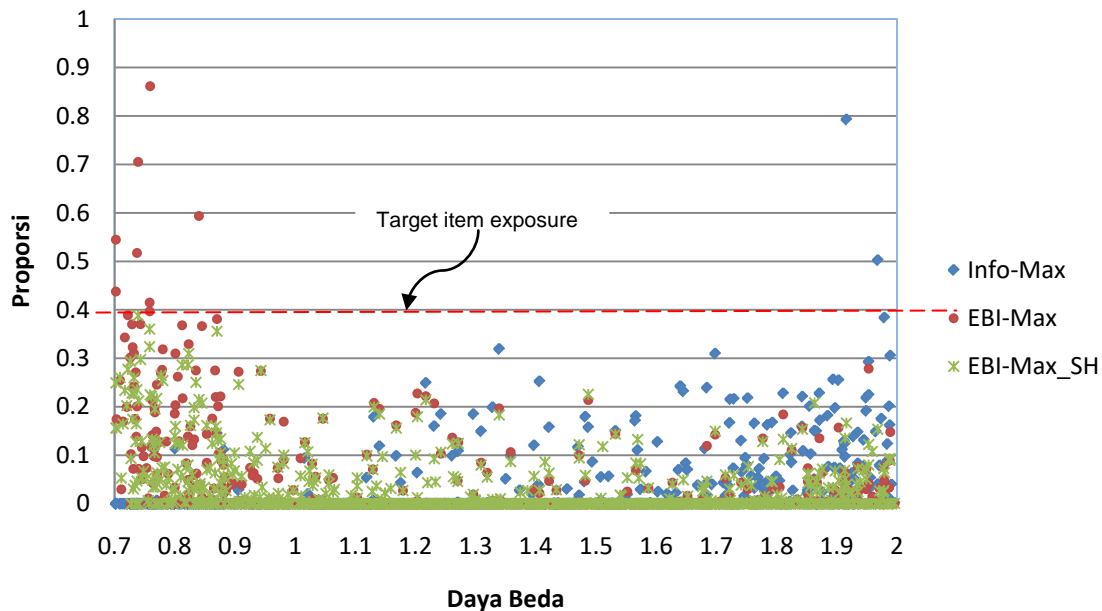
5. Proporsi Penggunaan Butir Soal

Proporsi penggunaan butir soal adalah frekuensi butir soal disajikan atau diberikan kepada peserta tes. Semakin besar proporsi semakin sering butir soal digunakan dalam rancangan tes adaptif atau populer disebut *item exposure*. Masalah *item exposure* dalam rancangan tes adaptif perlu mendapat perhatian karena berakibat pada keamanan tes. Semakin sering butir soal digunakan semakin dikenal butir soal itu sehingga keamanan tes dapat terganggu.

Pada penelitian ini proporsi penggunaan butir soal disimulasikan berdasarkan daya beda, tingkat kesukaran, dan faktor tebakan. Berdasarkan karakteristik butir soal diharapkan dapat diketahui metode mana dari ketiga metode pemilihan butir soal yang disimulasikan memberikan hasil yang berbeda terhadap proporsi penggunaan butir soal dan pada tingkat kemampuan yang mana.

1. Proporsi Penggunaan Butir Berdasarkan Daya Beda

Proporsi penggunaan butir soal berdasarkan tingkat daya beda butir soal disajikan pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Daya Beda

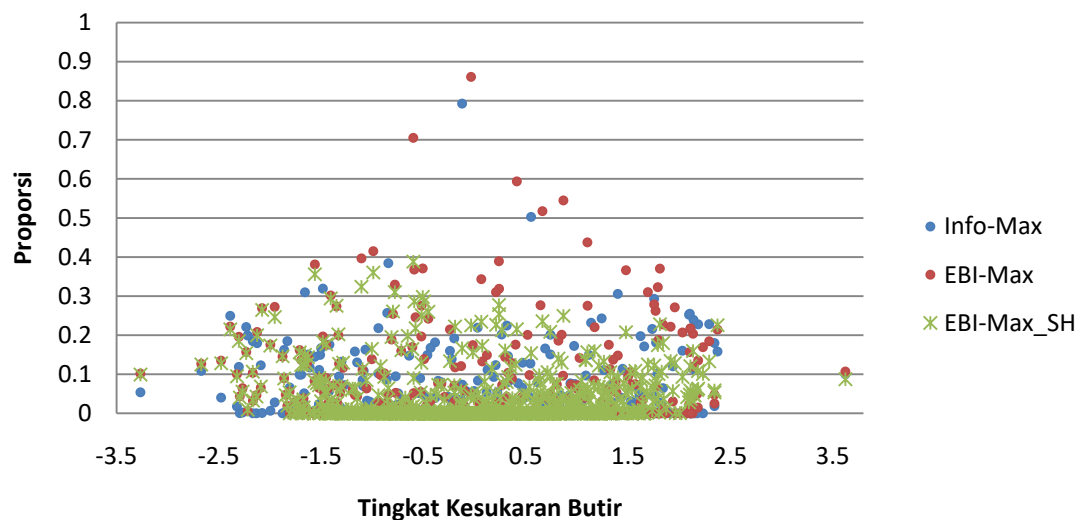
Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa berdasarkan daya beda butir proporsi penggunaan butir soal berbeda untuk ketiga metode pemilihan butir soal. Butir-butir soal dengan tingkat daya beda butir tinggi lebih sering terpilih atau diberikan kepada peserta tes untuk metode pemilihan butir menggunakan Informasi Maksimum, sedangkan untuk metode

EBI Maksimum baik yang tidak dikontrol maupun yang dikontrol dengan metode S-H menunjukkan hal yang sebaliknya, yakni butir-butir soal dengan daya beda rendah yaitu lebih sering terpilih dan dimunculkan dibandingkan butir-butir soal dengan daya beda tinggi.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa pada pemilihan butir dengan metode Informasi Maksimum, butir-butir soal dengan daya beda tinggi lebih sering dimunculkan pada awal tes sedangkan butir-butir soal dengan daya beda rendah dimunculkan pada akhir-akhir tes. Pada metode EBI Maksimum baik yang tidak dikontrol maupun yang dikontrol menunjukkan hal yang sebaliknya yaitu butir-butir soal dengan daya beda rendah lebih sering dimunculkan pada awal tes sedangkan butir-butir soal dengan daya beda tinggi lebih sering dimunculkan di akhir tes.

Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa metode S-H yang diterapkan pada penelitian ini cukup efektif untuk mengontrol butir soal yang sering dimunculkan. Terlihat bahwa proporsi butir soal yang dimunculkan untuk metode EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode S-H tidak melebihi 40 persen. Hal ini telah sesuai dengan target *item exposure* yang sebesar 40 persen yang diterapkan pada program simulasi dalam penelitian ini.

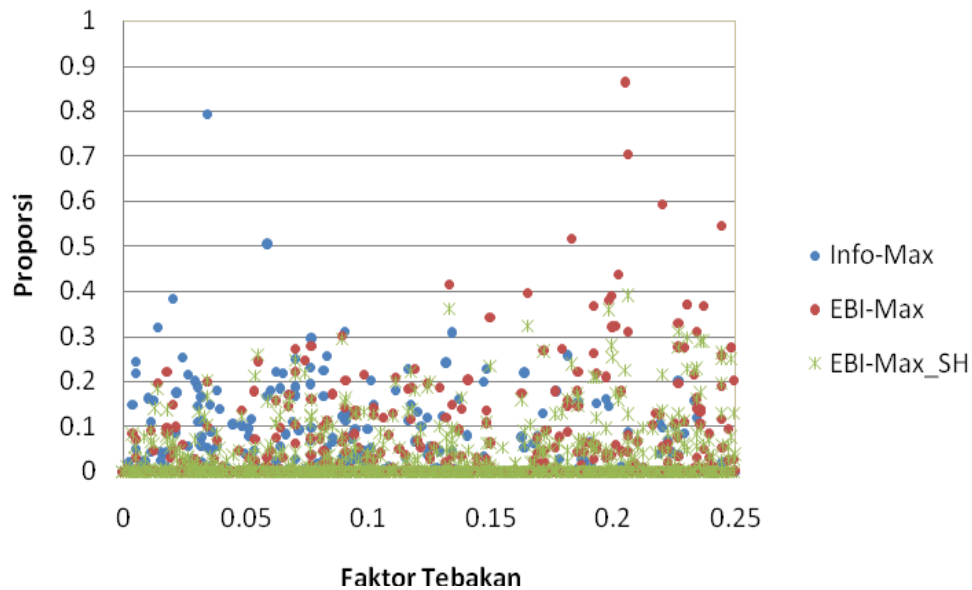
2. Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Tingkat Kesukaran



Gambar 8. Proporsi Penggunaan Butir Berdasarkan Tingkat Kesukaran

Berdasarkan gambar 8 terlihat bahwa proporsi penggunaan butir soal tidak berbeda atau tidak dipengaruhi oleh tingkat kesukaran butir untuk ketiga metode pemilihan butir soal dalam rancangan tes adaptif. Namun demikian untuk metode EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode S-H telah berhasil mengendalikan butir soal yang dimunculkan tidak melebihi target exposure parameter yang diterapkan pada program simulasi yaitu sebesar 40 persen.

1. Proporsi Penggunaan Butir Soal Berdasarkan Faktor Tebakan



Gambar 9. Proporsi Penggunaan Butir Berdasarkan Faktor Tebakan

Berdasarkan gambar 9 terlihat bahwa faktor tebakan agak berpengaruh terhadap proporsi penggunaan butir soal untuk ketiga metode pemilihan butir soal yang disimulasikan. Terlihat kecenderungan bahwa butir-butir soal dengan tingkat faktor tebakan yang lebih rendah sering dimunculkan untuk metode pemilihan butir menggunakan Informasi Maksimum, sedangkan untuk metode EBI Maksimum menunjukkan hal yang sebaliknya, yaitu ada kecenderungan butir-butir soal dengan faktor tebakan yang tinggi lebih sering dimunculkan. tidak berbeda atau tidak dipengaruhi oleh tingkat kesukaran butir untuk ketiga metode pemilihan butir soal dalam rancangan tes adaptif. Namun demikian untuk metode EBI Maksimum yang dikontrol dengan metode S-H telah berhasil mengendalikan butir soal yang dimunculkan tidak melebihi target exposure parameter yang diterapkan pada program simulasi yaitu sebesar 40 persen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi simulasi dapat disimpulkan:

1. Metode pemilihan butir menggunakan Informasi Maksimum memerlukan butir soal atau panjang tes yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode *Efficiency Balanced Information* (EBI) Maksimum baik yang tidak dikontrol maupun yang dikontrol. Pada metode Informasi Maksimum hanya memerlukan sebanyak rata-rata 18 butir soal untuk dapat memberhentikan tes, sedangkan untuk metode EBI Maksimum yang tidak dikontrol maupun yang dikontrol baik menggunakan metode S-H maupun CM memerlukan sebanyak rata-rata 26 sampai 28 butir soal untuk dapat memberhentikan tes.
2. Metode EBI Maksimum memberikan hasil estimasi yang paling akurat dalam mengestimasi tingkat kemampuan peserta tes pada rancangan tes adaptif. Performa hasil estimasi ditunjukkan oleh nilai korelasi sebesar 0,999, nilai bias dan nilai kesalahan baku pengukuran (SEM) yang lebih kecil dibandingkan dengan metode Informasi Maksimum, EBI yang dikontrol maupun yang tidak dikontrol.
3. Daya beda butir memberi pengaruh terhadap proporsi penggunaan butir soal untuk metode pemilihan butir soal menggunakan Informasi Maksimum, EBI Maksimum baik yang tidak dikontrol maupun yang dikontrol. Tingkat daya beda butir yang tinggi lebih sering dimunculkan di awal tes sedangkan tingkat daya beda yang rendah sering dimunculkan di akhir tes. Sedangkan untuk metode EBI Maksimum hasil simulasi menunjukkan bahwa tingkat daya beda butir yang rendah lebih sering dimunculkan di awal tes sedangkan tingkat daya beda yang tinggi sering dimunculkan di akhir tes.
4. Proporsi penggunaan butir soal tidak dipengaruhi oleh tingkat kesukaran butir soal. Butir-butir soal dengan tingkat kesukaran rendah, sedang, maupun tinggi memiliki proporsi penggunaan soal yang hampir mirip sama.
5. Faktor tebakan kecenderungan berpengaruh terhadap proporsi penggunaan butir soal untuk ketiga metode pemilihan butir soal yang disimulasikan. Butir-butir soal dengan faktor tebakan yang rendah sering dimunculkan untuk metode Informasi Maksimum, sedangkan butir-butir soal dengan faktor tebakan yang tinggi kecenderungan lebih sering dimunculkan untuk metode EBI Maksimum.

6. Metode kontrol *item exposure* menggunakan metode Sympson-Hetter (S-H) telah berhasil mengendalikan *item exposure* sebesar 40 persen, sesuai dengan target parameter *item exposure* yang telah ditetapkan pada penelitian simulasi ini yaitu sebesar 40 persen.

B. Saran

1. Metode EBI Maksimum dengan kontrol *item exposure* telah berhasil mengendalikan butir soal yang sering dimunculkan, namun demikian menghasilkan estimasi yang kurang akurat. Nilai bias dan simpangan baku pengukuran yang masih lebih besar dibandingkan dengan metode EBI Maksimum yang tidak dikontrol menunjukkan bahwa metode pemilihan butir EBI Maksimum lebih disarankan untuk diterapkan pada aplikasi tes adaptif dalam sistem ujian online Universitas Terbuka.
2. Penerapan metode dengan kontrol *item exposure* membutuhkan dua kali tahapan simulasi sehingga membutuhkan waktu proses yang cukup lama dan dengan hasil estimasi yang kurang akurat seperti yang telah dijelaskan di atas, maka disarankan menerapkan metode EBI Maksimum yang tanpa dikontrol pada aplikasi tes adaptif dalam sistem ujian online UT.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansley, T.N., & Forsyth, R.A. (1985). An examination of the characteristics of unidimensional IRT parameter estimates derived from two dimensional data. *Applied Psychological Measurement*, 1, 37 – 48.
- Baker, F.B. (1992). *Item response theory: Parameter estimation techniques*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Birnbaum, A. (1958). *On the estimation of mental ability*. (Series Report 15, Project No. 7755 – 23). Randolph Air Force Base, TX:USAF School of Aviation Medicine.
- Bock, R.D. & Aitken, M. (1981). Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm. *Psychometrika*, 4, 443 –459.
- Bock, R.D., & Mislevy, R.J. (1982). Adaptive EAP estimation of ability in a microcomputer environment. *Applied Psychological Measurement*, 4, 431 –444.
- Bunderson, C.V., Inouye, D.K., & Olsen, J.B. (1989). The four generations of computerized educational measurement. Dalam R. L. Linn (Eds.), *Educational Measurement* (3rd ed., pp. 367–407). New York: American Council on Education & Macmillan Publishing Company.
- Chang, H. H. & Ying, Z. (1999). A – stratified multistage computerized adaptive testing. *Applied Psychological Measurement*, 23, 211 – 222.
- Chen, S.Y., Ankenmann, R.D., & Chang, H.-H. (2000). A comparison of item selection rules at the early stages of computerized adaptive testing. *Applied Psychological Measurement*, 3, 241 – 255.
- Chen, S. Y. & Lei, P. W. (2005). Controlling item exposure and test overlap in computerized adaptive testing. *Applied Psychological Measurement*, 29, 204 – 217.
- Dodd, B.G. (1990). The effect of item selection procedure and stepsize on computerized adaptive attitude measurement using the rating scale model. *Applied Psychological Measurement*, 4, 355 – 366.
- Drasgow, F., & Olson-Buchanan, J.B. (1999). *Innovations in computerized assessment*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Eignor, D.R., Stocking, M.L., Way, W.D., et al. (1993). *Case studies in computer adaptive test design through simulation* (Research Report 93 – 56). Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Embretson, S.E. & Rouse, S.P. (2000). *Item response theory for psychologist*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Folk, V.G., & Green, B.F. (1989). Adaptive estimation when the unidimensionality assumption of IRT violated. *Applied Psychological Measurement*, 4, 373 – 389.
- Green, B.F., Bock, R.D., Humphreys, L.G., et al. (1984). Technical guidelines for assessing computerized adaptive tests. *Journal of Educational Measurement*, 4, 347 – 360.
- Hambleton, R.K., Swaminathan, H., & Rogers, H.J. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.
- Hambleton, R.K. & Swaminathan, H. (1985). *Item response theory: Principles and applications*, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.

- Hambleton, R.K., Zaal, J.N., & Pieters, J.M.P. (1991). Computerized adaptive testing: Theory, applications, and standards. Dalam R. K. Hambleton & J. N. Zaal (Eds.), *Advances in Educational and Psychological Testing: Theory and Applications* (pp. 341–366). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Han, K.T. (2012). An efficiency balanced information criterion for item selection in computerized adaptive testing. *Journal of Educational Measurement*, 3, 225 – 246.
- Han, K.T., & Hambleton, R.K. (2007). *User's manual for WinGen: Windows software that generates IRT model parameters and item responses*. Amherst, MA: University of Massachusetts.
- Kingsbury, G.G., & Zara, A.R. (1989). Procedures for selecting items for computerized adaptive tests. *Applied Measurement in Education*, 4, 359 – 375.
- Kit, T.H., & Chang, H.-H. (2001). Item selection in computerized adaptive testing : Should more discriminating item be used first? *Journal of Educational Measurement*, 3, 249 – 266.
- Leung, C. K., Chang, H. H., & Tai, H. K. (2002). Item selection in computerized adaptive testing: Improving the a – stratified design with the sympon-hetter algorithm. *Applied Psychological Measurement*, 26, 376 – 386.
- Lord, F.M., (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Lord, F.M. (1977). A broad-range tailored test of verbal ability. *Applied Psychological Measurement*, 1 , 95–100.
- Lunz, M.E., & Bergstrom, B.A. (1994). An empirical study of computer adaptive test administration formats. *Journal of Educational Measurement*, 3, 251 – 263.
- Mc. Bride, J.R. & Martin, J.T (1983). Reliability and validity of adaptive ability tests in a military setting. Dalam Weiss, D. J. (Eds.). *New horizons in testing: Latent trait test theory and computerized adaptive testing*. New York: Academic Press.
- Mills, C.N. (1999). Development and introduction of a computere adaptive graduate record examinations general test. Dalam F. Drasgow & J. B. Olson-Buchanan (Eds), *Innovations in Computerized Assessment* (pp. 117–136). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Owen, R.J. (1975). A bayesian sequential procedure for quantal response in the context of adaptive mental testing. *Journal of the American Statistical Association*, 70, 351 – 356.
- Samejima, F. (1969). Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometrika Monograph*, No. 17.
- Santoso, A. (2009). Computerized adaptive testing untuk mengukur hasil belajar mahasiswa pada sistem ujian online universitas terbuka. *Disertasi* Oktober 2009, Universitas Negeri Yogyakarta, tidak dipublikasikan.
- Stocking, M. L. & Lewis, C. (1998). Controlling item exposure conditional on ability in computerized adaptive testing. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 1, 57 – 75.
- Thissen, D., & Mislevy, R.J. (1990). Testing algorithms. Dalam H. Wainer (Eds.), *Computerized Adaptive Testing: A Primer* (2nd ed., pp. 103–135). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- van der Linden, W.J. (2000). Optimal assembly of test with item sets. *Applied Psychological Measurement*, 3, 225 – 240.
- Veerkamp, W.J.J. & Berger, M.P.F. (1997). Some new item selection criterion for adaptive testing. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 2, 203 – 226.
- Vispoel, W.P. (1999). Creating computerized adaptive test of music aptitude : Problem, solutions, and future directions. Dalam F. Drasgow, & J. B. Olson-Buchanan (Eds.), *Innovations in Computerized Assessment* (pp. 151 –176). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Wainer, H., et al. (1990). *Computerized adaptive testing: A primer* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wainer, H. & Mislevy, R.J. (1990). Item response theory, item calibration and proficiency estimation. Dalam H. Wainer (Eds.), *Computerized Adaptive Testing: A Primer* (2nd ed., pp. 65–102). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wang, T., & Vispoel, W.P. (1998). Properties of ability estimation methods in computerized adaptive testing. *Journal of Educational Measurement*, 2, 109–136.
- Way, W.D. (Maret,1997). *Protecting the integrity of computerized testing item pools*. Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, Chicago.
- Weiss, D.J. (1983). *New horizons in testing: Latent trait test theory and computerized adaptive testing*. New York: Academic Press.
- Weiss, D.J. & Schleisman, J.L. (1999). Adaptive testing. Dalam G. N. Masters & J. P. Keeves (Eds.), *Advances in Measurement in Educational Research and Assessment* (pp. 129–137). Pergamon, NY: Elsevier Science Ltd.
- Weiss, D.J., & McBride, J. R. (1984). Bias and information of Bayesian adaptive testing. *Applied Psychological Measurement*, 3, 273-285.
- Weiss, D.J. (2004). Computerized adaptive testing for effective and efficient measurement in counseling and education. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 2, 70 - 84.

Lampiran 1

JADWAL PENELITIAN

No.	Kegiatan	Tahun ke							
		1				2			
		Tw1	Tw2	Tw3	Tw4	Tw1	Tw2	Tw3	Tw4
1	Pembuatan proposal								
2	Perbaikan proposal								
3	Identifikasi mata kuliah yg di-adaptif-kan								
4	Pengambilan data pola respons								
5	Analisis butir dan kalibrasi butir soal								
6	Pengembangan model, kajian thd. 1. pengambilan butir pertama 2. pengambilan butir selanjutnya: a. jika respon tidak berpola b. jika respon tidak berpola 3. kontrol butir soal favorit 4. aturan pemberhentian 5. aturan skoring								
6	Pembuatan program simulasi tes adaptif								
7	Uji coba algoritma tes adaptif								
8	Analisis hasil simulasi								
9	Penyusunan draft laporan								
10	Seminar hasil penelitian								
11	Finalisasi laporan								
12	Pembuatan program aplikasi tes adaptif pada SUO UT								
13	Uji coba algoritma tes adaptif								
14	Uji coba lapangan rancangan tes adaptif								
15	Penyusunan draf laporan								
16	Seminar hasil penelitian								
17	Finalisasi laporan								

Keterangan: Tw = Triwulan

Lampiran 2

RINCIAN BIAYA

A. Tahun Pertama

No	Keterangan	Rincian Volume	Rincian Satuan	Satuan Biaya	Total
1	Penyusunan proposal	4	OH	300,000	1,200,000
2	Penelusuran literatur	8	OH	300,000	2,400,000
3	Identifikasi mata kuliah	6	OH	300,000	1,800,000
4	Pengambilan data pola respons	6	OH	300,000	1,800,000
5	Analisis butir dan Kalibrasi butir soal	10	OH	300,000	3,000,000
6	Pengembangan Model	1	Paket	7,500,000	7,500,000
7	Pembuatan program simulasi tes adaptif	1	Paket	7,500,000	7,500,000
8	Analisis hasil simulasi	10	OH	300,000	3,000,000
9	Ujicoba algoritma tes adaptif	12	OH	300,000	3,600,000
10	Lain-lain:				
	b. Transport	10	OH	220,000	2,200,000
	b. Penyusunan draft laporan	6	OH	300,000	1,800,000
	c. Finalisasi laporan	6	OH	300,000	1,800,000
	d. Penggandaan Laporan	10	Paket	175,000	1,750,000
	e. Penjilidan Laporan	10	Paket	40,000	400,000
	f. Penulisan makalah seminar	5	OH	350,000	1,750,000
	g. Penulisan artikel ilmiah	5	OH	350,000	1,750,000
	TOTAL BIAYA (tahun pertama)				43,250,000

B. Tahun Kedua

11	Pembuatan program aplikasi tes adaptif pada sistem ujian online UT	1	Paket	15,000,000	15,000,000
12	Ujicoba tes adaptif di lapangan	50	OH	300,000	15,000,000
13	Sewa ruang dan peralatan untk uji coba	1	Paket	5,000,000	5,000,000
14	Supervisor dan pengawas ujicoba	11	OH	350,000	3,850,000
15	Lain-lain				
	a. Transport	5	OH	220,000	1,100,000
	b. Penyusunan draft laporan	4	OH	300,000	1,200,000
	c. Finalisasi laporan	4	OH	300,000	1,200,000
	d. Penggandaan Laporan	10	Paket	175,000	1,750,000
	e. Penjilidan Laporan	10	Paket	40,000	400,000
	f. Penulisan makalah seminar	3	OH	350,000	1,050,000
	g. Penulisan artikel ilmiah	3	OH	350,000	1,050,000
	TOTAL BIAYA (tahun kedua)				46,700,000

Lampiran 3

Contoh Program SAS

```
PROC IMPORT OUT= WORK.Dataolah
      DATAFILE= "D:\penelitian2013\BS_SIMULCAT.xls"
      DBMS=EXCEL REPLACE;
      SHEET="Sheet1$";
      GETNAMES=YES;
      MIXED=NO;
      SCANTEXT=YES;
      USEDATE=YES;
      SCANTIME=YES;
RUN;

/**** Memecah data karakteristik soal per modul ****/
data dtmodul1 dtmodul2 dtmodul3 dtmodul4 dtmodul5 dtmodul6 dtmodul7 dtmodul8
      dtmodul9;
set dataolah;
if no_modul = 1 then output dtmodul1;
else if no_modul = 2 then output dtmodul2;
else if no_modul = 3 then output dtmodul3;
else if no_modul = 4 then output dtmodul4;
else if no_modul = 5 then output dtmodul5;
else if no_modul = 6 then output dtmodul6;
else if no_modul = 7 then output dtmodul7;
else if no_modul = 8 then output dtmodul8;
else output dtmodul9;
run;

/**** Masuk algoritma CAT ****/
proc iml;

/**** Subroutine fungsi peluang ****/
start peluang(data,theta);
  a = data[,4];
  b = data[,5];
  c = data[,6];
  P = c + (1 - c)/(1+exp(-1.7#a#(theta-b)));
  return(p);
finish peluang;

/**** Subroutine fungsi inform ****/
start inform(data,theta);
  a = data[,4];
  b = data[,5];
  c = data[,6];
  tmp1 = 2.89#a##2#(1-c);
  tmp2 = c+exp(1.7#a#(theta-b));
  tmp3 = (1+exp(-1.7#a#(theta-b)))##2;
  inform = tmp1/(tmp2#tmp3);
  return(inform);
finish inform;

/**** Subroutine membuang baris soal yang sudah ditampilkan ****/
start hapus(modul,nis);
  n = nrow(modul);
  i = 0;
  do until(tmp=nis);
    i = i + 1;
    tmp = modul[i,2];
  end;
  if i = 1 then modul = modul[2:n,];
  else if i = n then modul = modul[1:(n-1),];
  else modul = modul[1:(i-1),]/modul[(i+1):n,];
  return(modul);
finish hapus;
```



```

/**** Subroutine dugaan ML ****/
start ML(tdg0,jawaban,a,b,c,e,maxit);
  r = jawaban[,+];
  n = ncol(jawaban);
*   if r = 0 then tdg0 = log(1/(n-1));
*   else if r = n then tdg0 = log((n-1)/1);
*   else tdg0 = log(r/(n-r));
  p = c + (1 - c)/(1+exp(-1.7#a#(tdg0-b)));
  iterasi = 1;
  do until (selisih<e | iterasi>maxit);
    tmp1 = a#(jawaban-p)#(p-c)/(p*(1-c));
    turunan1 = 1.7*tmp1[,+];
    tmp2 = a##2#((1-p)/p)#((p-c)/(1-c))##2;
    turunan2 = -1.7##2#tmp2[,+];
    tdg = tdg0 - turunan1/turunan2;
    if tdg > 3 then tdg = 3;
    if tdg < -3 then tdg = -3;
    selisih = abs(tdg-tdg0);
    tdg0 = tdg;
    p = c + (1 - c)/(1+exp(-1.7#a#(tdg0-b)));
    iterasi = iterasi+1;
  end;
  return(tdg);
finish ML;

/**** Subroutine EBI ****/
start ebi(data,theta,pl);
  a = data[,4];
  b = data[,5];
  c = data[,6];
  if pl = 3 then thetab = b + 1/1.702#a # log((1+sqrt(1+8#c))/2);
  else thetab = b;
  infothetab = inform(data,thetab);
  infotheta = inform(data,theta);
  sem = 1/sqrt(infotheta);
  bawah = theta - 2#sem;
  atas = theta + 2#sem;
  info = inform(data,theta);
  ebi = (1 + 1/infothetab) # (info#(atas - bawah));
  return(ebi);
finish ebi;

/**** Subroutine mencari EBI/fungsi informasi terbesar ****/
start maxebi(ebi);
  max_ebi = max(ebi);
  j = 0;
  do until(tmp=max_ebi);
    j = j + 1;
    tmp = ebi[j,];
  end;
  return(j);
finish maxebi;

/**** Subroutine mencari nomor urut soal pada posisi semula ****/
start noasal(modul,nis);
  n = nrow(modul);
  i = 0;
  do until(tmp=nis);
    i = i + 1;
    tmp = modul[i,2];
  end;
  return(i);
finish noasal;

use work.dtmodul1;
read all var _num_ into modul1;
use work.dtmodul2;
read all var _num_ into modul2;

```

```

use work.dtmodul3;
read all var _num_ into modul3;
use work.dtmodul4;
read all var _num_ into modul4;
use work.dtmodul5;
read all var _num_ into modul5;
use work.dtmodul6;
read all var _num_ into modul6;
use work.dtmodul7;
read all var _num_ into modul7;
use work.dtmodul8;
read all var _num_ into modul8;
use work.dtmodul9;
read all var _num_ into modul9;
n1 = nrow(modul1);
n2 = nrow(modul2);
n3 = nrow(modul3);
n4 = nrow(modul4);
n5 = nrow(modul5);
n6 = nrow(modul6);
n7 = nrow(modul7);
n8 = nrow(modul8);
n9 = nrow(modul9);
n = n1 + n2 + n3 + n4 + n5 + n6 + n7 + n8 + n9;

/**** Simulasi untuk mendapatkan exposure parameter ****/
/**** Skenario 50% P&P ****/
ulangan = 100;                                /** Penentuan banyaknya ulangan **/
sk50 = {1 2 3 2 4 2 1 1 2}; /** Penentuan banyaknya pertanyaan per modul **/
jum50 = sum(sk50);                             /** Total banyaknya pertanyaan **/
jumtheta = 31;                                /** Total banyaknya skenario nilai theta **/
nsoal50 = j(ulangan, jumtheta, jum50);
nis50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
modul50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
sem50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
info50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
jawab50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
tdg50ml = j(ulangan, jumtheta, .);
mtdg50ml = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
ma50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
mb50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
mc50 = j(jumtheta*ulangan, jum50, .);
msoal = j(jum50, 6, .);
usage1 = j(n1, 1, 0);
usage2 = j(n2, 1, 0);
usage3 = j(n3, 1, 0);
usage4 = j(n4, 1, 0);
usage5 = j(n5, 1, 0);
usage6 = j(n6, 1, 0);
usage7 = j(n7, 1, 0);
usage8 = j(n8, 1, 0);
usage9 = j(n9, 1, 0);
musage1 = j(n1, jumtheta, 0);
musage2 = j(n2, jumtheta, 0);
musage3 = j(n3, jumtheta, 0);
musage4 = j(n4, jumtheta, 0);
musage5 = j(n5, jumtheta, 0);
musage6 = j(n6, jumtheta, 0);
musage7 = j(n7, jumtheta, 0);
musage8 = j(n8, jumtheta, 0);
musage9 = j(n9, jumtheta, 0);

tamb_nis50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_modul50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_sem50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_info50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_jawab50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_mtdg50ml = j(jumtheta*ulangan, 100, .);
tamb_ma50 = j(jumtheta*ulangan, 100, .);

```

```

tamb_mb50 = j(jumtheta*ulangan,100,.);
tamb_mc50 = j(jumtheta*ulangan,100,.);

e = 0.00001;
maxit = 200;
target = 0.4;
it = 1;
it_theta = 1;
pl = 3;
do theta = -3 to 3 by 0.2;
  do i = 1 to ulangan;
    tmodul1 = modul1;
    tmodul2 = modul2;
    tmodul3 = modul3;
    tmodul4 = modul4;
    tmodul5 = modul5;
    tmodul6 = modul6;
    tmodul7 = modul7;
    tmodul8 = modul8;
    tmodul9 = modul9;
    thetaawal = ranuni(1) - 0.5;
    info = inform(modul1,thetaawal);
    jsoal = maxebi(info);
    usagel[jsoal,] = usagel[jsoal,] + 1;
    musagel[jsoal,it_theta] = musagel[jsoal,it_theta] + 1;
    soal1 = modul1[jsoal,];
    msoal[1,] = soal1;
    jawaban1 = ranuni(1) <= peluang(soal1,theta);
    nis50[it,1] = soal1[,2];
    modul50[it,1] = 1;
    ma50[it,1] = soal1[,4];
    mb50[it,1] = soal1[,5];
    mc50[it,1] = soal1[,6];
    jawab50[it,1] = jawaban1;

    tmodul1 = hapus(tmodul1,nis50[it,1]);
    if jawaban1 = 1 then tdg = thetaawal + 0.5;
    else tdg = thetaawal - 0.5;
    mtdg50ml[it,1] = tdg;
    info50[it,1] = inform(msoal[1,],tdg);
    sem50[it,1] = 1/sqrt(sum(info50[it,1]));
    do soal = 2 to jum50;
      if soal <= 1 then modul = tmodul1;
      else if soal <= 3 then modul = tmodul2;
      else if soal <= 6 then modul = tmodul3;
      else if soal <= 8 then modul = tmodul4;
      else if soal <= 12 then modul = tmodul5;
      else if soal <= 14 then modul = tmodul6;
      else if soal <= 15 then modul = tmodul7;
      else if soal <= 16 then modul = tmodul8;
      else modul = tmodul9;
      info = inform(modul,tdg);
      jsoal = maxebi(info);
      nomodul = modul[jsoal,3];
      if nomodul = 1 then do;
        jasal = noasal(modul1,tmodul1[jsoal,2]);
        usagel[jasal,] = usagel[jasal,] + 1;
        musagel[jasal,it_theta] = musagel[jasal,it_theta] + 1;
      end;
      else if nomodul = 2 then do;
        jasal = noasal(modul2,tmodul2[jsoal,2]);
        usage2[jasal,] = usage2[jasal,] + 1;
        musage2[jasal,it_theta] = musage2[jasal,it_theta] + 1;
      end;
      else if nomodul = 3 then do;
        jasal = noasal(modul3,tmodul3[jsoal,2]);
        usage3[jasal,] = usage3[jasal,] + 1;
        musage3[jasal,it_theta] = musage3[jasal,it_theta] + 1;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

else if nomodul = 4 then do;
    jasal = noasal(modul4,tmodul4[jsoal,2]);
    usage4[jasal,] = usage4[jasal,] + 1;
    musage4[jasal,it_theta] = musage4[jasal,it_theta] + 1;
end;
else if nomodul = 5 then do;
    jasal = noasal(modul5,tmodul5[jsoal,2]);
    usage5[jasal,] = usage5[jasal,] + 1;
    musage5[jasal,it_theta] = musage5[jasal,it_theta] + 1;
end;
else if nomodul = 6 then do;
    jasal = noasal(modul6,tmodul6[jsoal,2]);
    usage6[jasal,] = usage6[jasal,] + 1;
    musage6[jasal,it_theta] = musage6[jasal,it_theta] + 1;
end;
else if nomodul = 7 then do;
    jasal = noasal(modul7,tmodul7[jsoal,2]);
    usage7[jasal,] = usage7[jasal,] + 1;
    musage7[jasal,it_theta] = musage7[jasal,it_theta] + 1;
end;
else if nomodul = 8 then do;
    jasal = noasal(modul8,tmodul8[jsoal,2]);
    usage8[jasal,] = usage8[jasal,] + 1;
    musage8[jasal,it_theta] = musage8[jasal,it_theta] + 1;
end;
else do;
    jasal = noasal(modul9,tmodul9[jsoal,2]);
    usage9[jasal,] = usage9[jasal,] + 1;
    musage9[jasal,it_theta] = musage9[jasal,it_theta] + 1;
end;

soalt = modul[jsoal,];
msoal[soal,] = soalt;
nis50[it,soal] = modul[jsoal,2];
modul50[it,soal] = modul[jsoal,3];
ma50[it,soal] = modul[jsoal,4];
mb50[it,soal] = modul[jsoal,5];
mc50[it,soal] = modul[jsoal,6];
jawabant=ranuni(1)<= peluang(soalt,theta);
jawab50[it,soal]=jawabant;
if (jawab50[it,soal] = jawab50[it,soal-1]) then do;
if jawabant = 1 then tdg = tdg + 0.5;
    else tdg = tdg - 0.5;
        if tdg > 3 then tdg = 3;
        if tdg < -3 then tdg = -3;
    end;
else do;
    vjawaban = jawab50[it,1:soal];
tdg=ml(mtdg50ml[it,soal-
    1],vjawaban,ma50[it,1:soal],mb50[it,1:soal],mc50[it,1:soal],e,maxit);
end;
    mtdg50ml[it,soal] = tdg;
    info50[it,soal] = inform(soalt,tdg);
    sem50[it,soal] = 1/sqrt(sum(info50[it,1:soal]));
if soal <= 1 then tmodul1 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 3 then tmodul2 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 6 then tmodul3 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 8 then tmodul4 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 12 then tmodul5 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 14 then tmodul6 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 15 then tmodul7 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else if soal <= 16 then tmodul8 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
else tmodul9 = hapus(modul,nis50[it,soal]);
end;
tdg50ml[i,it_theta] = tdg;

/** Tambahan soal bila SEM > 0.3 **/
    if sem50[it,jum50] <= 0.3 then do;
/*
        tamb_nis50 = "-";

```

```

tamb_modul50 = "-";
tamb_sem50 = "-";
tamb_info50 = "-";
tamb_jawab50 = "-";
tamb_tdg50ml = "-";
tamb_mtdg50ml = "-";
tamb_ma50 = "-";
tamb_mb50 = "-";
tamb_mc50 = "-";*/
*   tamb_msoal = "-";
end;
else do;
    counter = 1;
    tambsoal = 1;
    do until (tmpsem <= 0.3);

        if tambsoal <= 1 then modul = tmodul1;
        else if tambsoal <= 3 then modul = tmodul2;
        else if tambsoal <= 6 then modul = tmodul3;
        else if tambsoal <= 8 then modul = tmodul4;
        else if tambsoal <= 12 then modul = tmodul5;
        else if tambsoal <= 14 then modul = tmodul6;
        else if tambsoal <= 15 then modul = tmodul7;
        else if tambsoal <= 16 then modul = tmodul8;
        else modul = tmodul9;
        info = inform(modul,tdg);
        jsoal = maxebi(info);
        nomodul = modul[jsoal,3]; nt = nrow(modul);
        if nomodul = 1 then do;
            jasal = noasal(modul1,tmodul1[jsoal,2]);
            usage1[jasal,] = usage1[jasal,] + 1;
            musage1[jasal,it_theta] = musage1[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 2 then do;
            jasal = noasal(modul2,tmodul2[jsoal,2]);
            usage2[jasal,] = usage2[jasal,] + 1;
            musage2[jasal,it_theta] = musage2[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 3 then do;
            jasal = noasal(modul3,tmodul3[jsoal,2]);
            usage3[jasal,] = usage3[jasal,] + 1;
            musage3[jasal,it_theta] = musage3[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 4 then do;
            jasal = noasal(modul4,tmodul4[jsoal,2]);
            usage4[jasal,] = usage4[jasal,] + 1;
            musage4[jasal,it_theta] = musage4[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 5 then do;
            jasal = noasal(modul5,tmodul5[jsoal,2]);
            usage5[jasal,] = usage5[jasal,] + 1;
            musage5[jasal,it_theta] = musage5[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 6 then do;
            jasal = noasal(modul6,tmodul6[jsoal,2]);
            usage6[jasal,] = usage6[jasal,] + 1;
            musage6[jasal,it_theta] = musage6[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 7 then do;
            jasal = noasal(modul7,tmodul7[jsoal,2]);
            usage7[jasal,] = usage7[jasal,] + 1;
            musage7[jasal,it_theta] = musage7[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else if nomodul = 8 then do;
            jasal = noasal(modul8,tmodul8[jsoal,2]);
            usage8[jasal,] = usage8[jasal,] + 1;
            musage8[jasal,it_theta] = musage8[jasal,it_theta] + 1;
        end;
        else do;

```

```

        jasal = noasal(modul9,tmodul9[jsoal,2]);
        usage9[jasal,] = usage9[jasal,] + 1;
        musage9[jasal,it_theta] = musage9[jasal,it_theta] + 1;
    end;

    soalt = modul[jsoal,];
    jawabant = ranuni(1) <= peluang(soalt,theta);
    if counter = 1 then do;
        vjawaban = jawab50[it,] || jawabant;
        mtdg = mtdg50ml[it,jum50];
        ma = ma50[it,1:jum50] || modul[jsoal,4];
        mb = mb50[it,1:jum50] || modul[jsoal,5];
        mc = mc50[it,1:jum50] || modul[jsoal,6];
        tmpinfo = info50[it,1:jum50] || inform(soalt,tdg);
    end;
    else do;
        vjawaban = vjawaban || jawabant;
        mtdg = tdg;
        ma = ma || modul[jsoal,4];
        mb = mb || modul[jsoal,5];
        mc = mc || modul[jsoal,6];
        tmpinfo = tmpinfo || inform(soalt,tdg);
    end;
    tdg = ml(mtdg,vjawaban,ma,mb,mc,e,maxit);
    tamb_nis50[it,counter] = modul[jsoal,2];
    tamb_modul50[it,counter] = modul[jsoal,3];
    tamb_ma50[it,counter] = modul[jsoal,4];
    tamb_mb50[it,counter] = modul[jsoal,5];
    tamb_mc50[it,counter] = modul[jsoal,6];
    tamb_jawab50[it,counter] = jawabant;
    tamb_mtdg50ml[it,counter] = tdg;
    tamb_info50[it,counter] = inform(soalt,tdg);
    tamb_sem50[it,counter] = 1/sqrt(sum(tmpinfo));
    if nomodul = 1 then tmodul1 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 2 then tmodul2 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 3 then tmodul3 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 4 then tmodul4 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 5 then tmodul5 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 6 then tmodul6 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 7 then tmodul7 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else if nomodul = 8 then tmodul8 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    else tmodul9 = hapus(modul,modul[jsoal,2]);
    tambsoal = tambsoal + 1;
    counter = counter + 1;
    tmpsem = 1/sqrt(sum(tmpinfo));
    if (tambsoal > jum50 & tmpsem > 0.3) then tambsoal = 1;
end;
    nsoal50[i,it_theta] = nsoal50[i,it_theta] + counter;
    tdg50ml[i,it_theta] = tdg;

    end;
    it = it + 1;
end;
    it_theta = it_theta + 1;
end;

usage = usage1 // usage2 // usage3 // usage4 // usage5 // usage6 // usage7 //
        usage8 // usage9;
musage = musage1 // musage2 // musage3 // musage4 // musage5 // musage6 // musage7
        // musage8 // musage9;
prop = (usage/(jumtheta#ulangan));
mprop = (musage/repeat(ulangan,n,jumtheta));
usage = usage || prop;
musage = musage || mprop;
expo = prop;
mexpo = mprop;
do i = 1 to n;
    if prop[i,] <= target then expo[i,] = 1;
    else expo[i,] = 0.2/prop[i,];
end;

```

```

end;
do i = 1 to n;
  do j = 1 to jumtheta;
    if mprop[i,j] <= target then mexpo[i,j] = 1;
    else mexpo[i,j] = 0.2/mprop[i,j];
  end;
end;

counter = 1;
do theta = -3 to 3 by 0.2;
  if counter = 1 then vnsoal50 = nsoal50[,counter] || repeat(theta,ulangan,1);
  else vnsoal50 = vnsoal50 // (nsoal50[,counter] || repeat(theta,ulangan,1));
  counter = counter + 1;
end;

prop50 = jawab50[,+]/18;
rataanb50 = mb50[:,+];

nama_soal50 = 'soal1' : 'soal18';
nama_theta = {'thetam3.0' 'thetam2.8' 'thetam2.6' 'thetam2.4' 'thetam2.2'
'thetam2.0' 'thetam1.8' 'thetam1.6' 'thetam1.4' 'thetam1.2' 'thetam1.0'
'thetam0.8' 'thetam0.6' 'thetam0.4' 'thetam0.2' 'theta0'
'thetap0.2' 'thetap0.4' 'thetap0.6' 'thetap0.8' 'thetap1.0'
'thetap1.2' 'thetap1.4' 'thetap1.6' 'thetap1.8' 'thetap2.0' 'thetap2.2'
'thetap2.4' 'thetap2.6' 'thetap2.8' 'thetap3.0'};
create work.info_usage from usage;
append from usage;
create work.info_musage from musage;
append from musage;
create work.info_expo from expo;
append from expo;
create work.info_mexpo from mexpo;
append from mexpo;
create work.info_nis50 from nis50[colname=nama_soal50];
append from nis50;
create work.info_modul50 from modul50[colname=nama_soal50];
append from modul50;
create work.info_ma50 from ma50[colname=nama_soal50];
append from ma50;
create work.info_mb50 from mb50[colname=nama_soal50];
append from mb50;
create work.info_mc50 from mc50[colname=nama_soal50];
append from mc50;
create work.info_sem50 from sem50[colname=nama_soal50];
append from sem50;
create work.info_info50 from info50[colname=nama_soal50];
append from info50;
create work.info_jawab50 from jawab50[colname=nama_soal50];
append from jawab50;
create work.info_tdg50ml from tdg50ml[colname=nama_theta];
append from tdg50ml;
create work.info_mtdg50ml from mtdg50ml[colname=nama_soal50];
append from mtdg50ml;
create work.info_prop50 from prop50;
append from prop50;
create work.info_rataanb50 from rataanb50;
append from rataanb50;
create work.info_nsoal50 from nsoal50;
append from nsoal50;
create work.info_vnsoal50 from vnsoal50;
append from vnsoal50;

create work.info_tamb_nis50 from tamb_nis50;
append from tamb_nis50;
create work.info_tamb_modul50 from tamb_modul50;
append from tamb_modul50;
create work.info_tamb_ma50 from tamb_ma50;
append from tamb_ma50;
create work.info_tamb_mb50 from tamb_mb50;

```

```

append from tamb_mb50;
create work.info_tamb_mc50 from tamb_mc50;
append from tamb_mc50;
create work.info_tamb_sem50 from tamb_sem50;
append from tamb_sem50;
create work.info_tamb_info50 from tamb_info50;
append from tamb_info50;
create work.info_tamb_jawab50 from tamb_jawab50;
append from tamb_jawab50;
create work.info_tamb_mtdg50ml from tamb_mtdg50ml;
append from tamb_mtdg50ml;
quit;

data theta;
do theta = -3 to 3 by 0.2;
    output;
end;
run;

proc means data=info_tdg50ml;
title "Hasil dengan metode informasi maksimum";
output out=info_hasil50;
data info_hasil50;
set info_hasil50;
if _stat_="MEAN" | _stat_ = "STD";
drop _type_ _freq_ _stat_;
run;
proc transpose data=info_hasil50 out=info_hasil50;
run;

data info_hasil50;
merge theta info_hasil50;
mean = col1;
std = col2;
bias = col1-theta;
keep theta mean std bias;
run;

proc means data=info_nsoal50;
title "Hasil dengan metode informasi maksimum";
run;
/*
data info_gabungsoal;
merge dataolah info_usage;
run;

proc gplot data=info_gabungsoal;
plot (a b c)*col2;
run;
*/
proc boxplot data=info_vnsoal50;
title " ";
plot coll*col2;
label coll = "Banyaknya soal yang disajikan" col2 = "Theta";
run;

PROC EXPORT DATA= WORK.Info_nsoal50
             OUTFILE= "D:\Penelitian2013\Hasil Info maks.xls"
             DBMS=EXCEL REPLACE;
             SHEET="Nsoal";
RUN;
PROC EXPORT DATA= WORK.Info_tdg50ml
             OUTFILE= "D:\Penelitian2013\Hasil Info maks.xls"
             DBMS=EXCEL REPLACE;
             SHEET="Theta duga";
RUN;
PROC EXPORT DATA= WORK.Info_hasil50
             OUTFILE= "D:\Penelitian2013\Hasil Info maks.xls"

```



```
        DBMS=EXCEL REPLACE;  
    SHEET="Performa hasil dugaan theta";  
RUN;  
PROC EXPORT DATA= WORK.Info_usage  
        OUTFILE= "D:\Penelitian2013\Hasil Info maks.xls"  
        DBMS=EXCEL REPLACE;  
    SHEET="Frekuensi penggunaan soal";  
RUN;
```

Lampiran 4

PERSONALIA PENELITIAN

1. Ketua Peneliti

- Nama Lengkap : Dr. Agus Santoso, M.Si.
- NIDN : 0017026402
- NIP : 19640217 19930 1 001
- Bidang Ilmu : Pengukuran dan Evaluasi Pendidikan
- Pangkat/Golongan : Penata (III/c)
- Jabatan Fungsional : Lektor
- Fakultas/Jurusan/Univ: FMIPA/Statistika/Universitas Terbuka
- No. HP : 08159967851
- Alamat e-mail : aguss@ut.ac.id

Pengalaman Penelitian

- 1) Sebagai Ketua pada penelitian Bidang Ilmu berjudul: Kajian Beberapa Uji Kenormalan Data dan Kaitannya dengan Asumsi Kenormalan pada Beberapa Uji Statistika yang didanai oleh LPPM Universitas Terbuka pada tahun 2003
- 2) Sebagai Ketua pada penelitian Bidang Ilmu berjudul: Ketegaran Uji-t Terhadap Ketidaknormalan Data yang didanai oleh LPPM Universitas Terbuka pada tahun 2004.
- 3) Sebagai ketua pada penelitian bidang pendidikan berjudul: Faktor-faktor yang mempengaruhi prestasi siswa: Tinjauan berdasarkan data TIMSS 2007 didanai oleh Puspendik-Balitbang Depdiknas pada tahun 2009.
- 4) Sebagai ketua pada penelitian kelembagaan dan pengembangan sistem berjudul: Pengembangan Model Sistem Ujian Berdasarkan Computerized Adaptive Testing sebagai Upaya Efisiensi Penyelenggaraan Ujian Universitas Terbuka. Didanai oleh LPPM-UT tahun 2010.
- 5) Sebagai ketua pada penelitian kolaborasi Puspendik dan Balitbang Dikti dengan judul: Trend Kemampuan Guru dan Prestasi Siswa pada Studi Dampak Program Sertifikasi, tahun 2011.

Karya Ilmiah dan Publikasi

1. Artikel berjudul: Efisiensi dan Akurasi Computerized Adaptive Testing pada Sistem Ujian Akhir Semester Universitas Terbuka. Dimuat pada Jurnal Pendidikan, Volume 11, Tahun 2010, atau dapat dibaca melalui laman:
[http://www.lppm.ut.ac.id/jp/volume11.1Maret2010/01JPVol11\(1\)2010AGUSS-Efisiensi dan Akurasi.pdf](http://www.lppm.ut.ac.id/jp/volume11.1Maret2010/01JPVol11(1)2010AGUSS-Efisiensi%20dan%20Akurasi.pdf)
2. Artikel berjudul: Pengembangan Computerized Adaptive Testing untuk Mengukur Hasil Belajar Mahasiswa Universitas Terbuka. Dimuat pada Jurnal Himpunan Evaluasi Pendidikan Indonesia (HEPI), Volume 1, Tahun 2010.

3. Buku berjudul: Survei Nasional TIMSS – 2006 Provinsi DKI Jakarta. Diterbitkan oleh Puspendik-Balitbang-Depdiknas, 2007.
4. Artikel berjudul: Ketegaran Uji-t Terhadap Ketidaknormalan Data. Dimuat pada Jurnal Matematika, Sains, & Teknologi. Volume 7, Tahun 2006. LPPM-Universitas Terbuka. atau dapat dibaca pada laman: http://pk.ut.ac.id/jmst/jurnal_2006.1/jurnal.htm
5. Artikel berjudul: Kajian Beberapa Uji Kenormalan Data dan Kaitannya dengan Asumsi Kenormalan pada Beberapa Uji Statistika. Dimuat pada Jurnal Matematika, Sains, & Teknologi. Volume 5, Tahun 2005. LPPM-Universitas Terbuka. atau dapat dibaca pada laman: http://pk.ut.ac.id/jmst/jurnal_2005.1/jurnal.htm.

Matakuliah Ampuan

1. Pengantar Statistika Matematika I (di program S1 Statistika)
2. Rancangan Percobaan (di program S1 Statistika)
3. Evaluasi Pembelajaran Matematika (di Program Pascasarjana UT)

2. Anggota Peneliti

- Nama Lengkap : Farit Muhammad Affendi
- NIDN : 0007087903
- NIP : 19790807 200501 1 003
- Bidang Ilmu : Statistika
- Pangkat/Golongan : Tenaga Pengajar (III/b)
- Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- Fakultas/Jurusan/Univ: FMIPA/Statistika/Institut Pertanian Bogor
- No.HP : 0812 8592194
- Alamat e-mail : fmaffendi@ipb.ac.id

Pengalaman Penelitian

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2004	Kajian pemetaan potensi riset dalam rangka penguatan organisasi dan jaminan mutu riset di Institut Pertanian Bogor	Riset Dosen Muda IPB	Rp 10.000.000,-
2	2006	Pemetaan QTL untuk sifat berskala kategorik	Riset Dosen Muda IPB	Rp 10.000.000,-

Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal

a. Jurnal

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor	Nama Jurnal
1	2008	Evaluation of the Performance of Maximum Likelihood and Regression Approach in Quantitative Trait Loci Mapping for Trait in	2/1	Malaysian Journal of Mathematical Sciences

		Binary Scale		
2	2010	The Importance of Multivariate Analysis of Analytical Chemistry Data	6	Current Computer-Aided Drug Design
3	2012	Knapsack family databases: Integrated metabolite-plant species databases for multifaceted plant researches	53/2	Plant and Cell Physiol
4	2012	Systems Biology Approaches and Metabolomics for Understanding Japanese Traditional Kampo Medicine	10	Current Pharmacogenomics and Personalized Medicine
5	2012	Efficacy Prediction of Jamu Formulations by PLS Modeling	10	Current Computer-Aided Drug Design

b. International Conference

No.	Year	Article Title	Name of Conference
1	2006	The Application of Statistics in Marker Assisted Selection	International Conference of Moslem Statistician and Mathematician Society of South East Asia
2	2010	System Biology Approach for Elucidating the Relationship between Indonesian Herbal Plants and the Efficacy of Jamu	IEEE International Conference on Data Mining Workshops, ICDM 2010 (December 14-17 2010, University of Technology Sydney, Sydney, Australia)
3	2011	Bootstrapping Jamu Dataset to Examine Assignment Consistency of Plants to Jamu Efficacy	The 2nd International Symposium on Temulawak (May 25-27 2011, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia)
4	2011	Permutation Test in Evaluating the Significance of Plants in PLS-DA Model of Jamu	The 7th Asian Crop Science Association Conference, ACSAC 2011 (September 27-30

		Ingredients	2011, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia)
--	--	-------------	--

PENGALAMAN PENULISAN BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1	2008	Aplikasi Metode Kuantitatif Terpilih untuk Manajemen dan Bisnis	210	IPB Press

Matakuliah Ampuan

1. Metode Statistika
2. Analisis Data Kategorik
3. Analisis Deret Waktu

Peran dalam Penelitian ini:

1. Partner ketua peneliti dalam mendiskusikan pengembangan algoritma tes adaptif
2. **Pengembang program simulasi tes adaptif**, menganalisis, dan menginterpretasikan hasil simulasi.

3. Anggota Peneliti

- Nama Lengkap : Unggul Utan Sufandi
- Jenis Kelamin : Laki-laki
- NIP : 19710911 199903 1 002
- Bidang Ilmu : Ilmu Komputer
- Pangkat/Golongan : Penata (III/c)
- Jabatan Struktural : Penanggung Jawab Pengolahan Data PUSKOM
- No. HP. : 08159927963
- Alamat e-mail : unggul@ut.ac.id

Peran dalam Penelitian ini:

1. Partner ketua peneliti dalam mendiskusikan pengembangan algoritma tes adaptif pada SUO UT berdasarkan hasil simulasi
2. **Pengembang program aplikasi tes adaptif pada SUO UT**, menganalisis, dan menginterpretasikan hasil simulasi.
3. Bersama ketua peneliti merencanakan dan menyelenggarakan uji coba lapangan.
4. Bersama ketua peneliti mendokumentasikan hasil uji coba lapangan.